عمليات موحدة (٢)

تكنولوجيا صناعات كيميائية

جامعة البلقاء التطبيقية / كلية معان الجامعية

م.براء المحاميد

محتويات المادة :

الوحدة الاولى : التقطير

التقطير : هي عملية فصل مزيج معين الى مشتقاته و ذلك من اجل إنتاج مواد ضمن مواصفات معينة كدرجة النقاوة

مبدأ عملية التقطير :

تعتمد عملية التقطير على تفاوت الضغط البخاري للمواد الداخلة في المزيج في درجات حرارة مختلفة ، فعندما يغلي المزيج تتصاعد المواد الأكثر تطاير الى الاعلى (الاعلى ضغط بخاري) بصورة اسرع من المكونات الأخرى المرافقة لها في المزيج الأصلي وبذلك يصبح مستقطر (السائل الذي يجمع من الطور البخاري) اغنى بالمادة المتطايرة (او ذات الضغط البخاري العالي) بعكس المتبقي الذي يكون بدوره اغنى بالمادة ذات الضغط البخاري المنخفض نسبيا (المواد الأقل تطاير) و هكذا تنفصل مكونات المزيج عن بعضها البعض

**ملاحظة :

في الغالب يطلق على عملية التقطير عندما يحتوي الطور البخاري على مكونين او اكثر و ذلك من اجل فصلها عن بعضها البعض و الوصول بها الى الحالة النقية قدر الإمكان

فمثلاً:

خليط الماء مع الكحول يتم فصله بواسطة التقطير بينما فصل الماء من المحلول الملحي فيعتبر عملية تبخير .

ان اكثر الطرق شيوعًا في عمليات التقطير هي استخدام ابراج أسطوانية تثبت بصورة عامودية و تتضمن سلسلة من المراحل (الصواني) المتتالية لغرض الحصول على اعلى درجة من الفصل للمزيج المطلوب تجزئته حيث تبدأ ابخره المواد الاكثر تطاير بالصعود الى الاعلى و تبدأ السوائل بالنزول الى الاسفل و خلال سير كل من البخار و السائل بشكل متعاكس يتم التبادل الحراري و المادي فيما بينهما و بهذا فان تركيز المواد الخفيفة او ذات درجات الغليان المنخفضة او الاكثر تطاير تزداد في الأبخرة و ينخفض تركيزها في السائل النازل الى اسفل

البرج و بما ان تركيز المواد الخفيفة يزداد بالاتجاه الى اعلى البرج فان درجة الحرارة تنخفض باتجاه الاعلى و تصل اقل قيمة لها في المرحلة النهائية و على العكس فان درجة الحرارة ترتفع باتجاه جريان السائل (اتجاه اسفل البرج) بحيث تصل الى اعلى قيمة للحرارة في اسفل البرج و بما ان درجة الحرارة ما هي إلا مقياس للطاقة الحرارية لذا فمن الواضح ان الطاقة الحرارية ضرورية جدا لعملية التجزئة تلك(عملية التقطير او الفصل)

الطاقة الحرارية المطلوبة : هي الطاقة اللازمة لتبخير المواد المراد فصلها في كل مرحلة

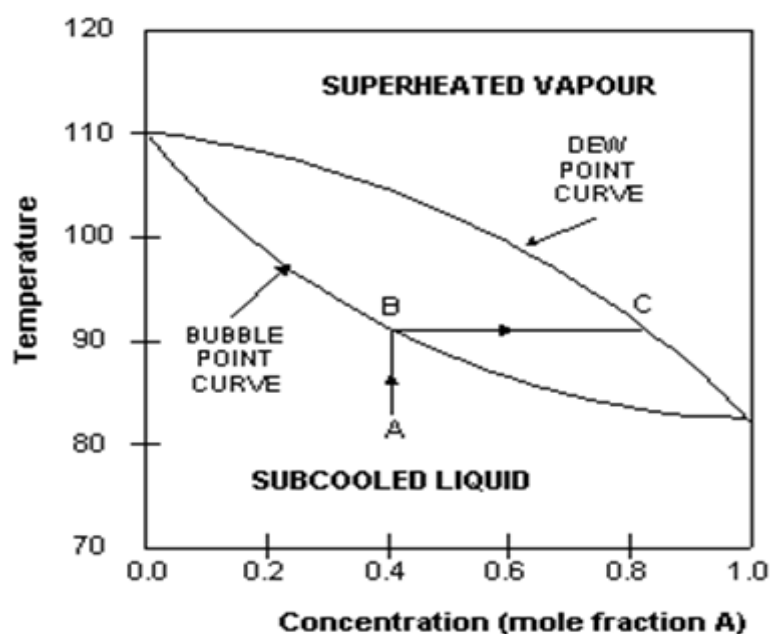
ومن اهم التطبيقات على عملية التقطير هي عملية التكرير المعروفة في المصافي و هي عملية تعمل على تكرير النفط الخام الى مشتقاته النفطية المعروفة و هي المفتاح الرئيسي لكل العمليات اللاحقة في مصافي البترول

نظرية عملية التقطير :

بالرغم من ان عملية التقطير قد استعملت ك عملية فصل قبل اكثر من مئتي سنة ألا ان نظرية التقطير لم تفهم ألا في نهاية القرن التاسع عشر و لكنها لم تكتمل بعد إذ ما زالت تعتمد على النتائج التقريبية و تعتبر معرفة قانون رآولت هي بداية معرفة كيف يتم توزيع المكونات بين كل من السائل و البخار و وصولهما الى حالة الاتزان

حيث ان الاتزان بين البخار و السائل يعتبر الأساس في عملية التقطير (في حال التوازن يتم التبادل الحراري و المادي بين البخار و السائل بشكل تام فيتجه البخار الى الاعلى و يتجه السائل الى الاسفل)

منحنى الغليان

هذا المنحنى يمثل العلاقة بين خط البخار و خط السائل للوصول الى حالة الاتزان عند ثبوت الضغط

المنحنى الذي في الاعلى يمثل خط البخار و المنحنى الذي في الاسفل يمثل خط السائل

R , T اذا كان الخليط يتكون من مادتين

Rالاكثر تطاير

Tالأقل تطاير

من خلال منحنى الغليان يمكن إيجاد حالة التوازن بين البخار و السائل عند ثبوت الضغط من خلال ها المنحنى يمكن (حيث يمكن تمثيل العلاقة بين النسبة المولية للمادة الاكثر تطاير مع درجة الحرارة عند ثبات الضغط)

فمثلا

٠,٤ وبالتالي فإن نسبة المادة Rعند درجة حرارة ٩٠ مئوية تكون نسبة المادة

تكون (١-٠,٤) =T٠,٦

ويبدأ البخار بالظهور و يكون الطور السائل فيB يبدأ السائل بالغليان عند النقطة

b c في حالة توازن مع طور البخار عن النقطة

لمزيج المادتين يبدأ البخار بالتكاثف ليعطي نسبة مولية جديدة Cعند النقطة

بحيث ان

R٠,٨نسبة

T٠,٢نسبة

من منحنى نقطة الغليان يمكن القول انه اذا كانت المادتين قابلتان للاختلاط مع بعضهما البعض في مزيج واحد نتيجة اختلاف الضغوط الجزئية بينهما فأن نسبة اختلاطهما هما في الطور السائل تختلف عند نسبة اختلاطهما في طور البخار الملامس لنفس سطح السائل لذلك لا يمكن فصل المادتين عن بعضهما بغليان السائل مرة واحدة وإنما يجب إعادة التقطير ليتم الحصول على المادة الاكثر تطاير

اذا كان هناك محلول معين فان كل مادة داخلة في تركيب المحلول تحدثا ضغط بخاريا خاصا بها يدعى بالضغط الجزئي لتلك المادة و اذا اصبح مجموع الضغوط الجزئية للمحلول مساويا للضغط المحيط به فان ذلك المحلول يصل الى درجة الغليان

الضغط الجزئي :هو الضغط البخاري لتلك المادة الداخلة في المحلول

قانون دالتون :

نص قانون دالتون " ان الضغط الكلي لمخلوط الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة للخليط "

$$P_{total} = \sum_{i=1}^{n} Pi$$

$$P_{total} = P1 + P2 + P3 + \cdots + Pn$$

و يمكن حساب الضغط الجزئي لأي غاز موجود ضمن خليط من الغازات من خلال التطبيق في القانون التالي :

$$P_i = y_i * P$$

P الضغط الكلي

yi الكسر المولي للغاز

Pi الضغط الجزئي للغاز

استخدامات قانون دالتون:

١-المحاليل غير قابلة للامتزاج مع بعضها البعض

قانون راؤولت :

نص قانون راؤولت "ان الضغط البخار لسائل مثالي يعتمد على ضغط البخار لكل مكوناته و أجزائها المولية الموجودة في السائل"

$$P = P_1{}^* x_1 + P_2{}^* x_2 + P_3{}^* x_3 + \cdots$$

$$P_i = P_i{}^* x_i$$

$P_i{}^*$ ضغط البخار للمكون النقي

الكسر المولي للمكون النقي $_i$

استخدامات قانون رؤوالت:

١-المحاليل الخفيفة
٢-المزيج الذي تكون مكوناته متشابهة من حيث التركيب الكيماوي او التي تكون قابلة للامتزاج مع بعضها البعض

<u>دمج قانون دالتون مع قانون راؤولت</u>

$$P_i = y_i * P$$

$$P_i = {P_i}^* x_i$$

$$((y_i * P = {P_i}^* x_i))$$

ثابت التوازن =

النسبة المولية للمادة في حالة البخار / النسبة المولية للمادة في حالة السائل

$$ki = \frac{yi}{xi}$$

K>1نسبة البخار اكبر

K<1نسبة السائل اكبر

او

ثابت التوازن = الضغط الجزئي للمادة /الضغط الكلي

$$ki = \frac{pi}{P}$$

وثابت التوازن يكون عند درجة حرارة و ضغط محددين

ومن هنا يمكن وصف توزيع المكونات بين كل من السائل و البخار بانه دالة او يتأثر بكل من درجة الحرارة و الضغط التشغيلي

ملاحظة : هذه العلاقة يمكن تطبيقها على بعض المنظومات المثالية التي تضم سلاسل مستقيمة من المركبات الهيدروكربونية

السؤال :اذا كان هناك مزيج مكون من البنزين و تولوين حيث كان البنزين هو المادة الاكثر تطاير في المزيج و حيث كان الضغط البخاري للبنزين في الحالة النقية عند درجة حرارة ١٠٠س هو ١٣٥٠ مم زئبق و كان الضغط البخاري للتولوين في الحالة النقية عند درجة حرارة ١٠٠س هو ٥٥٦ مم زئبق اذا كان الضغط التشغيلي ٧٠٠ مم زئبق

١-اوجد تركيز البنزين و تولوين في الطور السائل و الغاز

٢-الضغط الجزيئي للبنزين و التولوين

حل السؤال

$P_{total} = P_B + P_T$

$P_B = X_B \ \ P_B^{\circ}$

$P_T = X_T \ \ P_T^{\circ}$

$P_{total} = X_B \ \ P_B^{\circ} + X_T \ \ P_T^{\circ}$

$X_A + X_B = 1 \rightarrow \ \ X_B = 1 - X_A$

$P_{total} = \ \ P_T^{\circ} + X_B \ \ (P_B^{\circ} - P_T^{\circ})$

$700 = \ \ 556 + X_B \ \ (1350 - 556)$

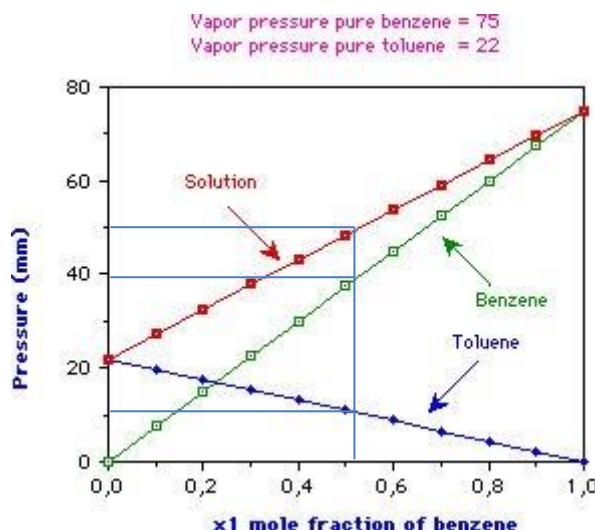
$X_B = 0.181$

$X_A = 1 - 0.181 = 0.818$

$X_B P_B^{\circ} = Y_B \ P_{Total}$

$X_T P_T^{\circ} = Y_T \ P_{Total}$

$0.181 * 1350 = Y_B \ 700$

$Y_B = 0.34 \quad , \qquad Y_A + Y_B = 1 \quad , \qquad Y_A = 1 - 0.34 = 0.66$

من قانون رؤوالت يمكن حساب الضغط الجزئي (الضغط البخاري) للمواد و تركيز المواد في الطور البخاري والطور السائل فمثلاً اذا كان هناك مزيج من البنزين و التولوين ف بإيجاد العلاقة بين الكسر المولي لمادة البنزين (المادة الاكثر تطاير) و الضغط بثبوت درجة الحرارة عند ١٠٠ درجة مئوية يمكن إيجاد الضغط الجزئي و تركيز المواد .

عند درجة حرارة ١٠٠مئوية الضغط الجزئي (الضغط البخاري)للتولوين ٢٢ مم زئبق و عند نفس درجة الحرارة ١٠٠ مئوية الضغط الجزئي (الضغط البخاري) للبنزين ٧٥ مم زئبق

وهذه الضغوط الجزئية للبنزين و التولوين في الحالة النقية لذا نجد الضغط الجزئي للتولوين يمثل خط مستقيم ٢٢مم زئبق عندما يكون التولوين في الحالة النقية (اي لا يوجد بنزين في الخليط)

و في المقابل فأن الضغط الجزئي للبنزين أيضا يمثل خط مستقيم ٧٥ مم زئبق عندما يكون البنزين في الحالة النقية

الضغط الكلي للخليط يمثل خط مستقيم بين ٢٢ للتولوين النقي مع ٧٥ للبنزين النقي

ملاحظة :نلاحظ من خلال هذه العلاقة على الرسم البياني انه كلما زادت التراكيز للمادة فإن ضغطها الجزئي يزداد فالعلاقة طردية و هي بذلك تتبع قانون رؤوالت

و عليه فإذا كان الضغط الكلي التشغيلي لعملية التقطير ٥٠ مم زئبق فمن الرسمة الموجودة في الاعلى يمكن إيجاد تراكيز المواد في الطور السائل

للبنزين ٠,٥٢

التولوين (١-٠,٥٢)=٠,٤٨

الضغط الجزئي للبنزين عند

X=0.52 يساوي=٣٩

الضغط الجزئي للتولوين يساوي ١٠

يمكن إيجاد تراكيز المواد في الطور البخاري من خلال التطبيق في قانون دالتون

$$P_i = y_i * P$$

$$y_i = \frac{P_i}{P}$$

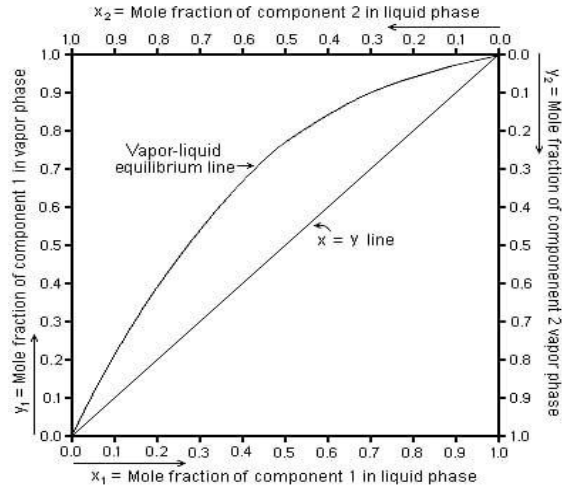
للبنزين

$$y_i = \frac{39}{50} = 0.78$$

للتولوين

(1-0.78)=0.22

منحنى التوازن :

يمثل العلاقة بين تركيز المادة في الطور البخاري و بين تركيز المادة في الطور السائل عند ثبوت الضغط

تمثل الكسر المولي للمادة الاكثر تطاير في الطور السائل X

تمثل الكسر المولي للمادة الأقل تطاير Y في الطور البخاري

ملاحظة : يمكن الاستفادة من منحنى التوازن لحساب عدد الصواني داخل عامود التقطير

الضغط التشغيلي :هو الضغط المحيط او الضغط المطلوب لإجراء عملية التقطير

<u>الضغط التشغيلي و اثره على عملية التقطير</u>

ان قابلية تطاير او فصل المواد تزداد كلما خُفض الضغط في برج التقطير بمعنى ان تخفيض الضغط التشغيلي للبرج يُسهل عملية فصل المكونات عن بعضها إضافة الى ذلك فأن الطاقة اللازمة (الطاقة الحرارية) ستكون اقل في الضغوط القليلة و أيضا فأن البرج في الضغوط القليلة يكون بحاجة الى عدد صواني اقل ولكن حجم الغازات و الأبخرة في الضغوط القليلة يكون كبير جدا لذلك يجب ان يكون قطر البرج اكبر

وعلى العكس فان استعمال ضغوط عالية يكون حجم الغازات و الأبخرة اقل و لكن يجب ان يكون سمك جدار البرج اكبر لتحمل تلك الضغوط بالإضافة الى ان عدد الصواني يكون اكثر في هذه الحالة

لذا يجب ان تجري دراسة للعوامل المؤثرة على اختيار الضغط التشغيلي المثالي للعملية المطلوبة ومن اهم هذه العوامل (بالإضافة الى العوامل المذكورة سابقًا):

١-ثبات المواد المراد تقطيرها اتجاه الحرارة

٢-تأثر المواد بالضغط (هناك مواد تتأثر بالضغط و يتأثر تركيبها)

٣-تأثير الضغط على كلفة البرج و المعدات الملحقة به و كذلك كلفة عملية التقطير

٤-تأثير الضغط على تحديد عدد الصواني اللازمة لعملية التقطير

التقطير البخاري :

للحفاظ على بعض مكونات المزيج التي قد تتلف عند تعريضها الى درجات حرارة عالية يتم تخفيض درجة غليان تلك المواد وهذا يتم بإحدى الطريقتين :

١-اما العمل تحت ضغط تفريغ

٢-اما بإضافة مادة ذات ضغط بخاري عالي نسبيا على ان لا تختلط مع المزيج الأصلي و حسب قانون دالتون فان الضغط البخاري للمادة المضافة يُطرح من الضغط الكلي و بذلك يغلي المزيج بدرجة حرارة اقل من درجة غليانه فيما لو كان لوحده

فمثلا البنزين يغلي عند درجة حرارة ٨٠ مئوية في ضغط جوي عادي مقداره ٧٦٠مم زئبق لكن الضغط البخاري للبنزين عند درجة حرارة ٧٠ مئوية يكون مقداره ٥٣٠ مم زئبق

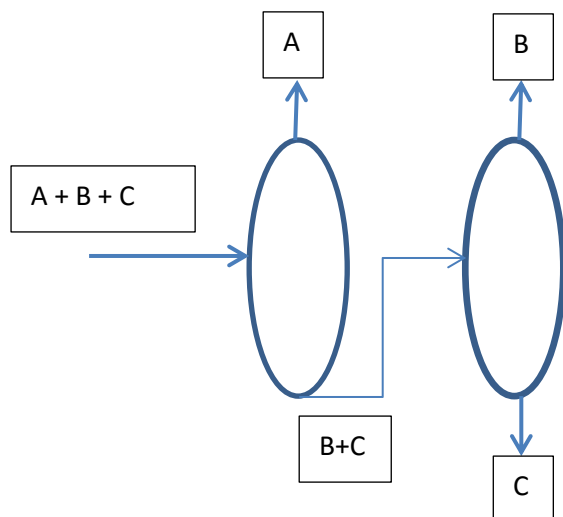
و الضغط البخاري للماء عند درجة حرارة ٧٠ مئوية يكون مقداره ٢٣٠مم زئبق

وهذا يعني انه لو ادخل بخار الماء بدرجة ٧٠ مئوية مع البنزين فان البنزين سوف يغلي عند ٧٠ مئوية بالرغم من ان درجة غليان البنزين ٨٠ مئوية

و يستعمل التقطير البخاري مع المواد ذات درجة الغليان العالية غالبا و مثال على ذلك ازالة الروائح من الزيوت النباتية

التكثيف الجزئي

يمكن الحصول على نفس النتيجة التي أدت الى فصل المكونات عن بعضها البعض بواسطة عملية إعادة الغليان (إعادة التقطير) كما تم توضيحه في منحنى الغليان و ذلك من خلال عملية التكثيف الجزئي بمعنى ان يتم تكثيف البخار جزئيا لسحب احد مكوناته و بذلك تستمر عملية التقطير و الفصل وهذا يعني انه يتم تبخير المزيج كليا و تكثيف البخار جزئيا بحيث تكون المادة العلوية غنية بالمكون الاكثر تطايرا بينما المتبقي يكون غنيا بالمكون الأقل تطايرا

و تجري عملية التكثيف الجزئي بالاعتماد على مدى الفرق بين درجات الغليان فمثلا اذا كان هناك مزيج مكون من ثلاثة مكونات يتم الفصل في برجين في الأول يفصل الاكثر تطاير الى الاعلى بينما يدخل المكونين الأقل تطاير الى البرج الثاني ليتم الفصل بينهما

طرق التقطير

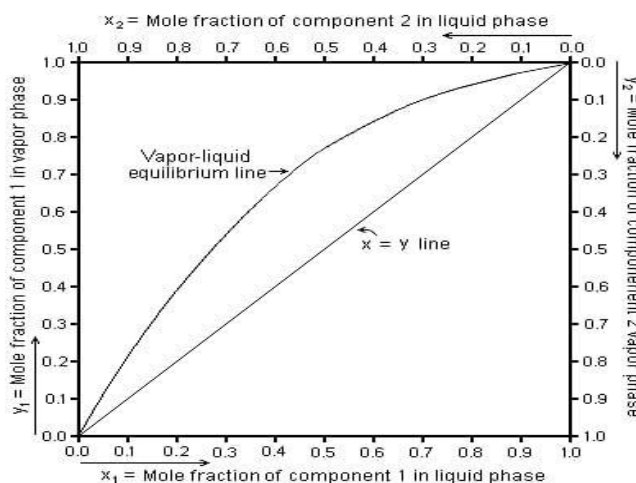
يمكن تصنيف طرق التقطير الى صنفين :

١-التقطير العادي

٢-التقطير التجزيئي

--التقطير العادي و يشمل :

أ-التقطير المتوازن

وفي هذه الحالة يتم تقطير كمية معينة من السائل حيث تُبخر المواد ذات قابلية التطاير العالية و تبقى بتماس مع السائل و في نهاية العملية يصبح البخار في حالي توازن مع السائل عند ذلك يسحب البخار و يكثف و يمكن إيجاد العلاقة بين تركيز المواد في الطور البخاري و تركيزها في طور السائل من خلال منحنى التوازن

وهذه الطريقة من عمليات التقطير لا تعتبر مهمة عندما يراد فصل مركبين عن بعضهما البعض بل تستعمل هذه الطريقة لفصل مزيج مكون من عدة مواد حيث يسخن هذا المزيج في ---- خاص الى درجة حرارة معينة (التحميص) و تحت ضغط معين ثم يرسل هذا المزيج الى برج يعمل تحت ضغط اقل من الضغط المذكور من خلال صمام موجود لهذا الغرض و عند ذلك يتم التبخير السريع لمكونات هذا المزيج حيث تنطلق الأبخرة بسرعة مُخلفة وراءها السائل لذلك Flashing أحيانا تسمى طريقة التقطير المتوازن بطريقة

ملاحظة: طريقة التقطير المتوازن تستعمل لتقطير المواد التي درجات غليان لها متباعدة عن بعضها البعض

ب-التقطير البسيط

في هذه الطريقة يتم غلي السائل و فصل البخار حال تكونه أي انه لا يترك بتماس مع السائل و تكثف الأبخرة المتصاعدة او قد لا تكثف حسب متطلبات العمل المطلوبة ومن خلال منحنى التوازن يمكن إيجاد تركيز المكون في الطور السائل و طور البخار و هذه الطريقة بسيطة جدا ولا تعتبر من الطرق الشائعة في التطبيقات الصناعية ألا أنها شائعة في الاستخدامات المختبرية

وتعتبر طريقة وجبات Batching

٢-التقطير التجزيئي

طريقة التقطير التجزيئي او فيما يسمى ب تقطير التكرير تعتبر من اكثر الطرق شيوعا في الصناعة و خاصة في مجال تكرير البترول

وفي هذه الطريقة يتم تقطير (تكرير) المزيج الى مكوناته من خلال برج يتضمن سلسلة من المراحل المتتالية بحيث ان مادة التغذية تكون قد سُخنت قبل الدخول الى البرج وعند دخولها البرج تتصاعد الأبخرة الى اعلى و تنزل السوائل الى اسفل وهنا يتم التماس بين كل من السائل و البخار و يتم التبادل الحراري و المادي بينهما و بعدها تخرج الأبخرة من اعلى البرج ليتم تكثيفها و يعاد قسم من المتكثف الناتج الى قمة البرج و ذلك من اجل السيطرة على درجة حرارة قمة البرج بالإضافة الى تصفية و تنقية الأبخرة المتصاعدة من السوائل الثقيلة المتواجدة داخل الأبخرة و التي بدورها تعود و تنزل مع السائل النازل الى الاسفل

لذا عند أجراء عملية التقطير التجزيئي تستخدم ابراج مختلفة الأنواع لعملية التقطير منها :

١-ابراج التقطير ذات الصواني و التي تشمل :

أ-برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية

ب-برج الصواني ذات الأغطية الغربالية

٢-ابراج التقطير ذات الحشوات (التعبئة)

برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية :

مواصفات البرج :

هذا النوع من الأبراج يعتبر الاكثر شيوعا لأجراء عملية التقطير التجزيئي قطر البرج يتراوح تقريبا ٢-١٥ قدم و أحيانا يصل الى ٣٠ قدم و ارتفاعه يتراوح بين بضع أقدام وحتى ١٠٠ قدم

الأغطية الفقاعية عادة يكون قطرها بين ٣الى ٦ انس و الأغطية لها أما ان تكون مستطيليه او كروية و لكن الأغطية القياسية هي في الغالب تستعمل بحيث يكون حجم الغطاء (القطر ٨/١ الى ٣٢/٣ إنش) و ارتفاعها (٢/١ الى ١ أنش)

مبدأ عمل البرج

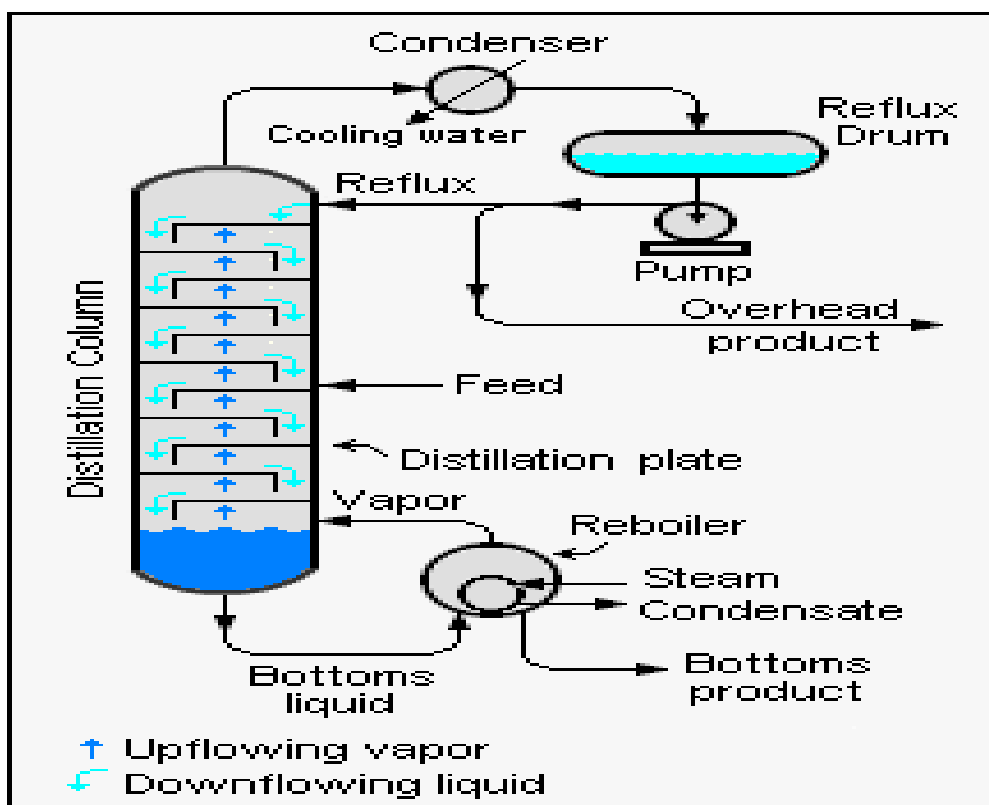
يتكون برج التقطير ذات الأغطية الفقاعية من برج التقطير الذي يثبت بشكل عامودي و يحتوي على سلسلة من المراحل (الصواني) تكون على شكل طبقات مرتبة بشكل متتالي فوق بعضها البعض بحيث تدخل مادة التغذية من وسط البرج بعد ان تكون قد سخنت مبدئيا بواسطة مبادل حراري يسمى "مستخلص الطاقة "او مبرد المنتج السفلي ثم تدخل الى المُسخن الرئيسي ليتم تسخينها الى درجة حرارة معينة و الصينية التي تدخل منها التغذية تسمى ب صينية التغذية

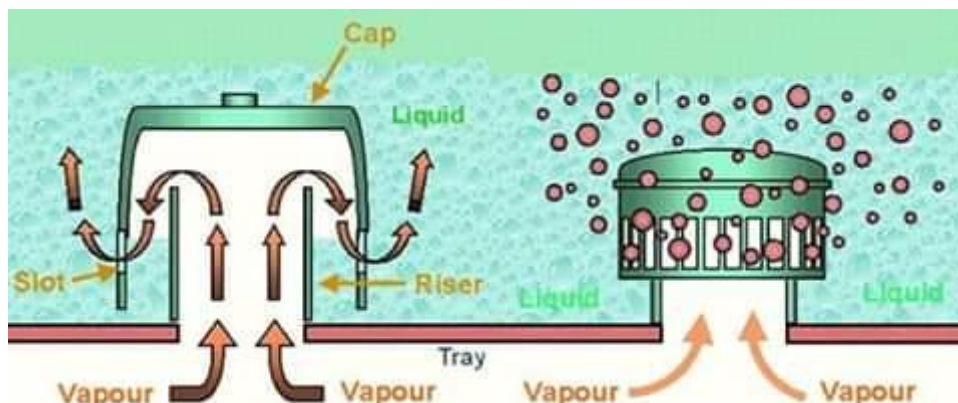
وعند دخول التغذية الى البرج تصعد الأبخرة ذات درجات الغليان المنخفضة الى اعلى بينما ينزل السائل ذات درجات الغليان المرتفعة الى الاسفل ومن خلال التماس بينهما يتم التبادل الحراري و المادي بينهما حيث ان الأبخرة المتواجدة في السائل تنتقل الى الطور البخاري بينما السوائل المتواجدة في البخار تنتقل الى الطور السائل و عند وصول البخار الى اعلى البرج تخرج الأبخرة من الاعلى و تدخل المكثف حيث يتم تكثيفها ومن ثم تدخل خزان التجميع و بعد ذلك يتم إعادة قسم من هذا السائل الى قمة البرج و يسمى بالراجع الجلوي بينما القسم الثاني يتم تبريده بواسطة مبرد ومن ثم جمعه و يسمى بالناتج العلوي

بينما السائل النازل الى اسفل البرج يتم إرساله الى مسخن خاص يسمى بمعيد الغليان

Reboiler

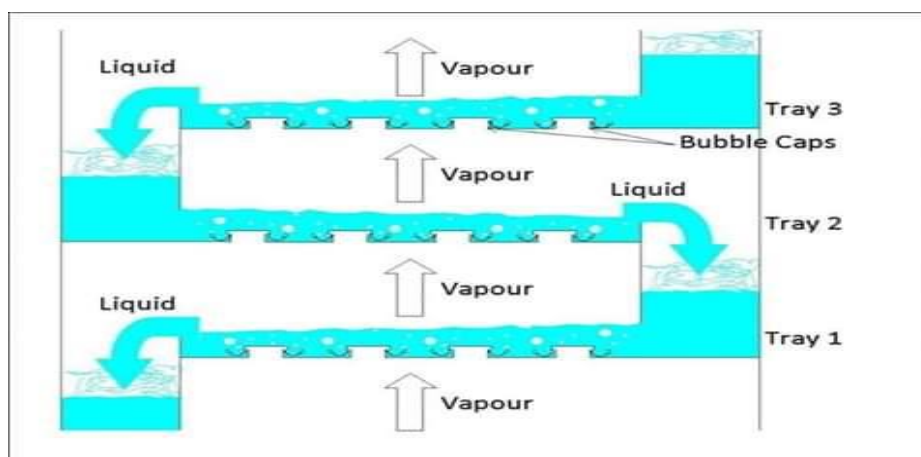
و ذلك لتسخين السائل و إعطائه طاقة حرارية لازمة البخار الناتج من عملية التسخين يصعد الى اعلى البرج بينما السائل ينزل غلى اسفل البرج "المنتج السفلي " يتم سحبه و إرساله الى مستخلص الطاقة او مبرد المنتج السفلي

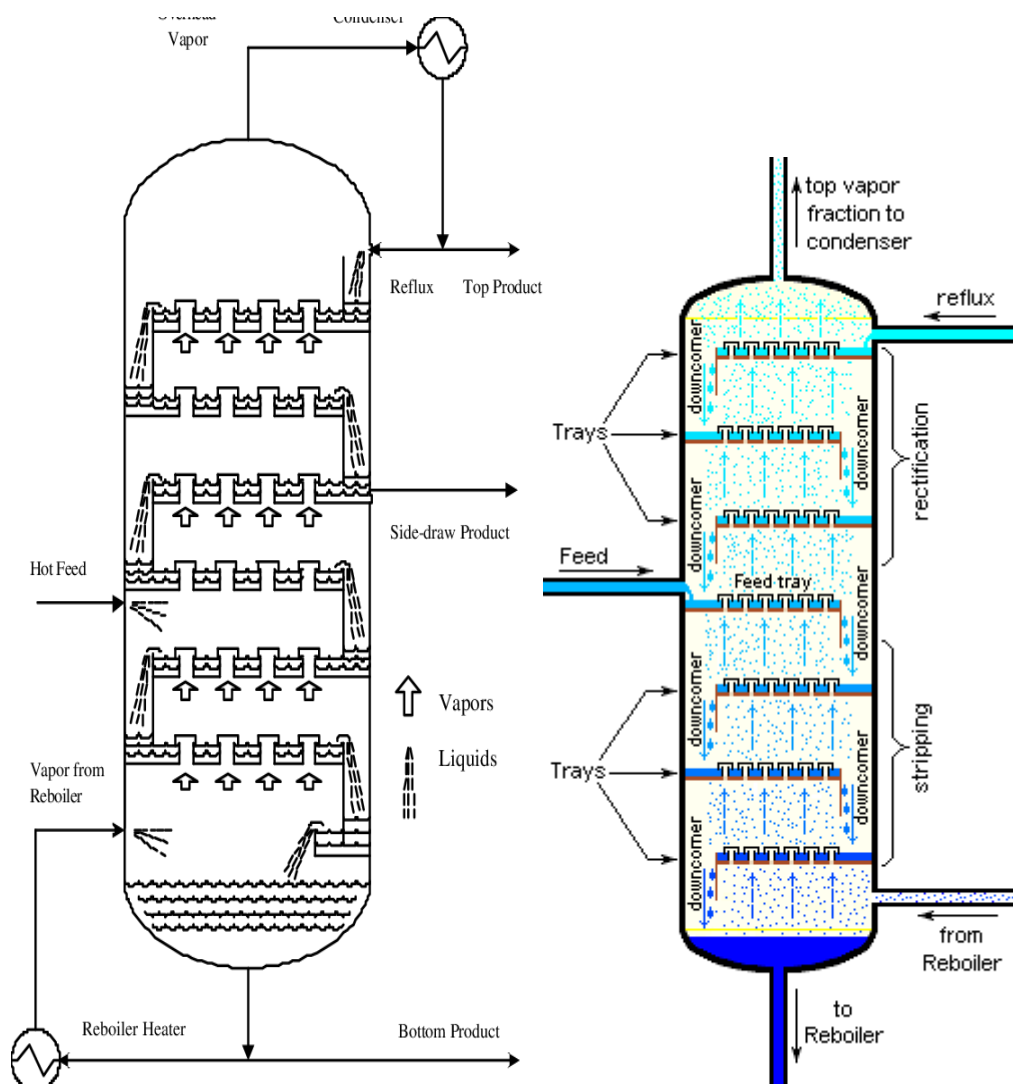
بحيث يتم التبادل الحراري بينه وبين مادة التغذية حيث يتم تبريد المنتج و تسخين مادة التغذية بشكل مبدئي قبل دخولها الى المسخن الرئيسي

التركيب الميكانيكي للصواني :

لغاية حماية عملية التقطير من بعض المشاكل يجب ان تكون الصواني المختارة لبرج التقطير قوية بحيث تتحمل مشاكل التشغيل و خلال فترات التشغيل المستمرة كما يؤخذ عند تصنيعها السمك المحتمل ان تفقده نتيجة التأكل المتوقع حصوله بفعل مادة التغذية و لذا فأن سمك المعدن و نوع المعدن قد يتم انتقائه حسب شدة التأكل المحتملة كما أنها تتكون من جزء قابل للرفع لأغراض إجراء أعمال الصيانة و التنظيف

<u>ملاحظات مهمة :</u>

١-**حاجز التوزيع :** هو الحاجز الذي يحجز السائل النازل من أنبوبة الصينية العلوية و يقوم أيضا بتوزيع السائل على الصينية بانتظام

٢-**حاجز الفائض** :يقوم بالحفاظ على منسوب ثابت و مطلوب و مناسب من السائل على الصينية و يجعل فتحات الأغطية مغمورة بالسائل

٣-**مصيدة المنتج الجانبي** :تقع في جانب الصينية المراد سحب المنتج منها و هي عبارة عن بركة من السائل المطلوب إنتاجه او سحبه

مميزات برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية :

١-لديه مرونة تشغيلية اكبر من غيرها بمعنى أنها تتحمل التغيير في كميات البخار و السائل و التي قد تحدث في العمليات التشغيلية نتيجة لتغيير كمية المادة المغذية و تركيبها او نتيجة تغيير مواصفات المواد المنتجة او حسب متطلبات العمل

ان الصواني ذات الأغطية الفقاعية هي الاكثر شيوعا و تمتاز بمساحتها السطحية الكبيرة و كذلك كفاءتها العالية (٦٠-٩٠%) لا تحوي أجزاء متحركة اثناء التشغيل و بهذا فهي غير سريعة التأثر بالمواد الصلبة العالقة وقد تكون هذه التراكيب الفقاعية على أشكال أما نصف كروية ، مكعبة ، مستطيلة وهي تسمح لمرور البخار من خلالها و لا تسمح لنزول السائل منها اثناء عملية التقطير و بذلك يبقى مرور السائل المتداور عن طريق الأنبوب النازل فقط و بشكل مضمون بالإضافة الى أنها مرنة في التشغيل أي أنها تتحمل التغيير في كميات البخار و السائل

أما **مساوئها** :كلفتها عالية مقارنة مع الأنواع الأخرى ، الهبوط الحاصل في الضغط اكبر مما عليه في الأنواع الأخرى

سائل الصينية و كذلك تسمح بارتفاع كفاءة الاتصال و التلامس بين الأبخرة الصاعدة و سائل الصينية و يجب ان تكون الأسنان او فتحات الأكواب تحت منسوب سائل الصيني ة ويجب ان تصعد الأبخرة هادئة بدون اختناق

نسبة الراجع و تأثيرها على عدد المراحل اللازمة لعملية الفصل

لغرض الوصول الى الفصل المطلوب فأن كلا من نسبة الراجع و عدد المراحل (الصواني) قد تختلف و بمعدلات كبيرة حيث يكون عدد المراحل كحد ادنى عندما يعاد كل السائل الناتج من تكثف الأبخرة الصاعدة أي عندما يمون (راجع كامل) و يمكن تخفيض الراجع بحيث يصل اقل قيمة عندما تكون عدد المراحل غير محدود لذا فأن اقل عدد مراحل يكون مع الراجع الكلي و اقل راجع مع عدد غير محدود من المراحل

وعند اختيار نسبة الراجع يدرس الموضوع لما له تأثير على كلفة البرج حيث تزداد الكلفة بزيادة عدد المراحل و لكن بصورة عامة نعتبر ان احسن قيمة للراجع اقل من ١,٥ مرة من اقل قيمة يمكن إرجاعها للبرج

ان الهدف الأول من الرجع العلوي الى قيمة البرج هو للمحافظة على درجة الحرارة اعلى البرج لانه لو تركت القمة بدون راجع فان معنى ذلك ان درجة الحرارة القمة سوف تتساوي مع درجة القاع و يتساوى حرارة البرج كلها ولكن

المطلوب ان تتدرج الحرارة من اعلى الى اسفل بالارتفاع ومن اسفل الى اعلى بالانخفاض

و الهدف الثاني هو لإزاله السوائل(المواد الثقيلة) المتصاعدة مع الأبخرة و إنزالها مع المواد السائلة بمعنى انه تتم عملية تصفية المواد الخفيفة المتصاعدة من المواد الأخرى العالقة حيث ان الراجع هو سائل درجة حرارته اقل من درجة حرارة قمة البرج فهو عند وصوله الى قمة البرج سيمتص حرارة التبخير من بعض الأبخرة المتصاعدة و يخفف حرارتها بحيث تتكثف الأبخرة الثقيلة و تنتقل الى السائل النازل الى اسفل اذا فلولا وجود الراجع لأصبحت الأبخرة المتصاعدة من المرحلة الاولى لا تختلف من حيث الكمية و النوعية عن الأبخرة المتصاعدة من المرحلة الثانية و الثالثة و هكذا

نسبة الراجع يمكن إيجادها من خلال العلاقة بين كمية الراجع الى المواد الكلية الخارجة من قمة البرج

$$reflux\ ratio = \frac{L}{D}$$

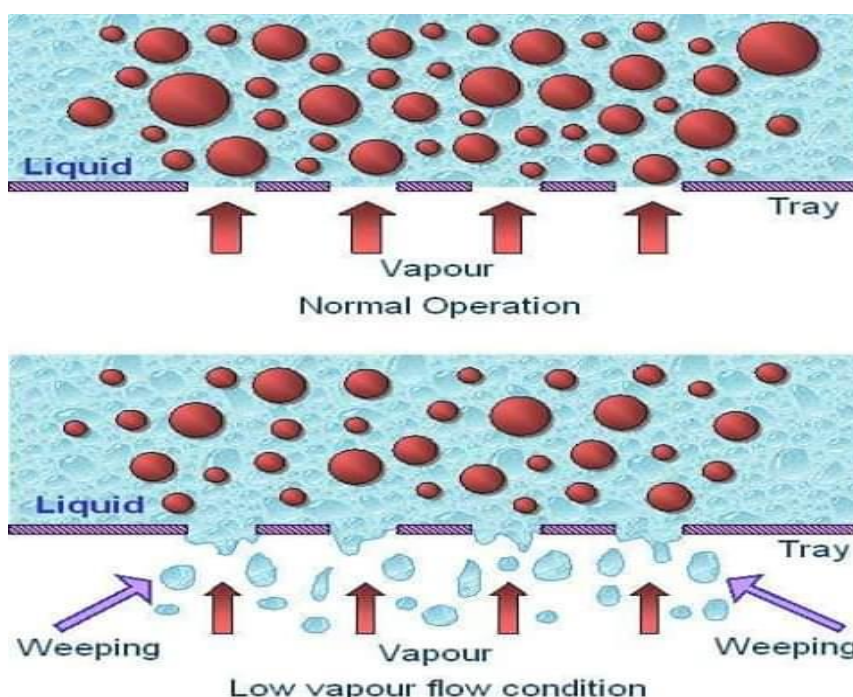
تكون النسبة مولية او وزنية

هناك راجع داخلي بين الصواني المختلفة)المراحل المختلفة و يسمى بالراجع الداخلي و نسبة الراجع الداخلي يمكن إيجادها من خلال العلاقة بين كمية السائل الداخل الى أي مرحلة الى كمية البخار الداخل اليها من المرحلة التي تحتها

$$internal\ reflux\ ratio = \frac{L}{V}$$

برج الصفائح الغربالية

برج الصواني الغربالية يشبه برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية لكن الاختلاف هنا يكمن في تصميم الصواني حيث ان برج الصواني الغربالية يتألف من سلسلة من الصواني الأفقية المثقبة و الموضوعة على أبعاد محددة داخل برج التقطير و تكون طبقاته فوق بعضها البعض

وفي الغالب يستخدم هذا البرج مع المواد النظيفة والمواد التي لا تحتوي على مواد غريبة او فيها ترسبات

<u>مميزات برج الصواني الغربالية و مقارنتها مع ذات الأغطية الفقاعية :</u>

١-اذا كان المزيج المراد تقطيره يحتوي على نسبة عالية من المكونات ذات درجات الغليان المنخفضة فان فاعلية برج الصواني الغربالية في عملية التقطير تكون اكثر من برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية

٢-في برج الصواني الغربالية يمكن التعامل مع سرعات بخار عالية بالمقارنة مع السرعات المسموح بها في برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية (لكن في حدود معينة) لان احتمالية حدوث حمل السائل مع البخار

٣-فرق الضغط في برج الصواني الغربالية اقل منه في برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية

٤-الصواني الغربالية رخيصة ثمن و بسيطة التصنيع مقارنة مع الصواني ذات الأغطية الفقاعية

٥-كفاءة عالية في عملية الفصل لأنها تتيح التلامس بين الطوريين السائل والبخار

مساوئ برج الصواني الغربالية :

١-انخفاض كفاءة الصينية عند تخفيض كمية البخار المُحملة للبرج حيث ان هذا النوع من الصواني لا تحوي على ارتفاع معين من السائل لذا فهناك حد معين لأقل سرعة ممكن ان تقبل في برج الصواني الغربالية والتي تحتها ينزل السائل عبر الثقوب الى الصينية التي تقع اسفل الصينية المعينة

٢-ان التغذية لا يجب ان تتغير كثيرا و لذلك ليس لديه مرونة في تغير مقدار التغذية
ملاحظة: رغم ان برج الصفائح الغربالية قد استخدم قبل برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية ألا ان برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية اكثر شيوعا و استخداما

٣-يستخدم برج الصواني الغربالية غالبا مع المواد النظيفة ة التي لا يوجد بها أي مواد غريبة او ترسبات بينما برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية مجال استخدامها أوسع

مشاكل ابراج التقطير ذات الصواني :

١-الترسبات و المواد الغريبة (نتيجة التأكل)و التي قد تغلق الثقوب و فتحات الصواني ذات الأغطية و كذلك أنابيب السائل الفائض مما يؤدي الى انخفاض كفاءة الصينية و قد يضطر في بعض الأحيان الى إيقاف عمل البرج

٢-تغيير لون بعض المشتقات الوسطية و سببه تبخر و اختلاط المركبات الثقيلة مع الأبخرة الصاعدة أما بسبب الارتفاع الموضعي في درجات الحرارة مما أدى الى تبخر الجزئيات الثقيلة او زيادة الكمية المسحوبة من هذه المواد الى الدرجة التي يتأثر بها الراجع الداخلي او قد يكون السبب هو انخفاض وقتي في ضغط البرج و الذي يؤدي الى سرعة تبخر المركبات الثقيلة الى الاعلى و امتزاجها بالمادة التي تليها مما يؤدي الى تغير لونها الى اللون الغامق

٣-قلة او فقدان احد المشتقات الوسطية و يكون السبب حصول ظاهرة الفيضان في احد مقاطع البرج بسبب السرعة العالية للأبخرة الصاعدة و هذا يتطلب تصحيحه من خلال تنظيم معدلات التغذية و درجات الحرارة

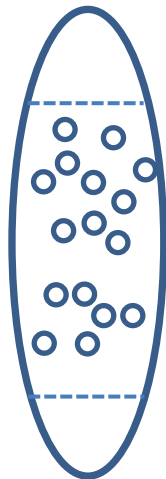
٤-التأكل : تكاد لا تنجو وحدات التقطير من ظاهرة التأكل يعود سببه الى وجود الغازات الحامضية المذابة في المزيج المراد تقطيره وخاصة في النفط الخام او الى وجود نسبة ولو قليلة من الأملاح القابلة للتأين و التحلل او الى وجود الكبريت و المركبات الكبريتية إضافة الى وجود الماء و الرطوبة و يمكن التخفيف من التأكل باتباع الإجراءات التالية :

أ)معادلة أولية للمركبات الحامضية باستعمال محلول مخفف من مادة هيدروكسيد الصوديوم

ب)التأكد من ان التغذية لا تحتوي على نسبة عالية من الأملاح و خاصة ملح كلوريد الصوديوم او نسبة عالية من الماء

ج)بالإمكان استخدام المواد الكيماوية المقاومة للتأكل و التي تحقن بصورة بطيئة و منتظمة في الأماكن التي تتكثف فيها الغازات الحامضية او في الأماكن التي تكثر فيها الرطوبة و الماء

ولكن اذا لم تنفع هذه الوقاية و ظهرت نتيجة التأكل شقوق او فجوات في أماكن مختلفة في برج التقطير يتم إيقاف البرج و نعمل صيانه له

<u>برج الحشوة (التعبئة)</u>

وظيفة الحشوة : زيادة المساحة السطحية للتلامس بين السائل و البخار

ميزات برج الحشوة :

١-هبوط الضغط او فرق الضغط في برج الحشوة اقل من الأنواع الأخرى

مساوى ابراج الحشوة :

٢-اذا كان قطر برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية صغيرة بحيث ان الصينية الواحدة له تتسع ل ٢-٣ أغطية فقاعية فإن استعمال برج الحشوة يكون افضل في هذه الحالة لان كفاءة برج الحشوة تكون افضل بكثير

٣-برج الحشوة ارخص من برج الصواني ذات الأغطية الفقاعية

٤-عند استعمال مواد تسبب التأكل لأبراج التقطير و ملحقاته فان برج الحشوة يعتبر افضل الأنواع لعملية التقطير لان الحشوة تقاوم التأكل

١-ليس لديه مرونة في تغيير الحمولة

٢-يجب المحافظة على توازن سرعة البخار و السائل حتى لا يتسبب في حدوث عملية الفيضان و حمل البخار للسائل

٣-صعوبة توزيع السائل بانتظام على المقطع العرضي للبرج او جميع أنحاء الحشوة

الشروط الضرورية لإجراء عملية التقطير :

١-يجب تزويد مادة التغذية بالحرارة اللازمة قبل دخولها الى برج التقطير

٢-يجب ان يوفر نوع البرج و تركيبه افضل تلامس بين الأبخرة الصاعدة و السائل النازل

٣-يجب ان يكون هناك فرق بين درجة حرارة الراجع العلوي و درجة حرارة الأبخرة الصاعدة ((درجة حرارة الأبخرة يجب ان تكون اعلى من درجة حرارة الراجع))

٤-المنتوجات التي تقع معدلات درجة غليانها بين المادة الخفيفة الخارجة من قمة البرج و بين المنتج السفلي تسحب من جانب البرج بواسطة ابراج نزع

٥-يجب تزويد كمية من الحرارة الى الجزء السفلي من البرج لتحويل القطفات الخفيفة المتواجدة في المتبقي الى الحالة البخارية و يتم ذلك أما باستعمال معيد الغليان او إدخال بخار ماء جاف

٦- تصفية و تنقية مادة التغذية من أية شوائب عالقة بها بواسطة مرشحات قبل إدخالها الى المسخن

٧-صيانة برج التقطير و تفقده قبل إجراء عملية التقطير

ملاحظات على الوحدة الاولى

الوحدة الثانية : الامتصاص

الامتصاص: هو انتقال الغاز ذو قابلية الذوبان العالية او القليلة من مزيجه الغازي الى السائل المذيب او بمعنى أخر هو ازالة مكون او اكثر من المزيج الغازي بواسطة إذابته في سائل و يدعى السائل بالمذيب و الغاز بالمذاب

و يمكن فصل الذائب عن المذيب بعد ذلك بطريقة التقطير او النزع و بهذه الحالة يمكن إعادة استعمال سائل الامتصاص

العوامل التي تعتمد عليها عملية الامتصاص:

١-قابلية ذوبان المذاب في المذيب : و هذه القابلية تعتبر من اهم الخصائص الرئيسية للمذاب و المذيب حيث ان **قابلية الذوبان العالية تعني زيادة معدل الامتصاص**

٢-السيطرة على الحرارة الناتجة :و خاصة اذا كانت عملية الامتصاص من نوع الامتصاص الكيماوي الذي يولد حرارة نتيجة تفاعله أي ((طارد للحرارة)) او ان الحرارة المنبعثة ناتجة من تكون المحلول ففي هذه الحالة ينخفض معدل الامتصاص و يمكن تلافي ذلك باستعمال ملف داخل البرج يدور فيه الماء للتبريد او استعمال تيار لمرور المادة حيث تسحب و تبرد خارج البرج تم تعاد اليه

٣-مدى تماسك الغاز بالسائل :إذ ان السائل له خاصية الشد السطحي فتُكون غلافًا على سطحها و بذلك يجب ان ينفذ الغاز من ذلك الغلاف ليدخل الى الداخل ولذلك **كلما زاد سطح السائل بالنسبة الى حجمه زادت عملية الامتصاص**

٤-نوع الجهاز المستعمل

أنواع الامتصاص:

يمكن تقسيم عملية الامتصاص الى نوعين :

١-الامتصاص الفيزيائي

٢-الامتصاص الكيماوي

الامتصاص الفيزيائي :هو عملية فيزيائية تعتمد على انتشار او انتقال الغاز من المزيج الغازي عبر مقاومة حيز الغاز او الحد الفاصل و مقاومة المذيب السائل لتذوب في عمق السائل و مثال على ذلك :

ذوبان الأكسجين في السائل ، امتصاص بخار الماء بواسطة حمض الكبريتيك المُركز

الامتصاص الكيماوي

هو عملية تعتمد على تفاعل كيماوي بين السائل المذيب و الغاز المذاب و مثال على ذلك امتصاص غاز الامونيا بواسطة الماء حيث يحدث تفاعل كيماوي بينهما او امتصاص غاز ثاني اكسيد الكربون او غاز الكلور في محلول الصودا و في معظم الحالات يكون من السهل تفكيك ناتج التفاعل بالحرارة و بذلك ينتزع الغاز الممتص و يعاد استعمال المذيب

ان ازالة واحد او اكثر من المكونات المختارة من مزيج الغازات بواسطة الامتصاص في سائل مذيب مناسب تعتبر العملية الرئيسية الثابتة بعد التقطير القائمة على انتقال المادة

شروط اختيار المذيب المناسب لعملية الامتصاص

١-قابليته على إذابة الغاز

ان قابلية الذوبان العالية تعني زيادة معدل الامتصاص و بالتالي التقليل من كمية المذيب المطلوبة و عادة تكون الإذابة جيدة في حال تشابه الطبيعة الكيماوية لكل من المذيب و المذاب و في حالة حدوث تفاعل كيماوي بينهما مثلاً امتصاص غاز كبريتيد الهيدروجين بواسطة محلول مونو ايثانول امين

حيث انه يحدث تفاعل كيماوي بينهما و يمكن نزع غاز كبريتيد الهيدروجين من المحلول بالتسخين و بذلك يكون قد عكس التفاعل الكيماوي

٢-قابليته للتطاير

يفضل ان يكون المذيب ذا قابلية تطاير منخفضة لتفادي خسارة المذيب مع الغاز الخارج

٣-التآكل

يراعى اختيار مواد صنع الاجهزة الخاصة بعملية الامتصاص من مواد مقاومة للتآكل الذي قد تسببه طبيعة المذيب على ان تكون مواد غير مُكلفة و متوفرة

٤-اللزوجة

تراعى ان تكون لزوجة المذيب قليلة حيث ان اللزوجة القليلة تسرع من معدل الامتصاص كما أنها تحد من حالات الفيضان

٥-يفضل ان يكون المذيب مستقر كيميائيًا و غير قابل للاشتعال

العوامل المؤثرة في سرعة الامتصاص

١-درجة الحرارة : وغم ان زيادة درجة الحرارة تقلل من الشد السطحي و زيادة سرعة الانتشار ألا انه يقل معدل الامتصاص بارتفاع درجة الحرارة لان زيادة درجة الحرارة تؤدي الى زيادة الضغط فيختل توازن البخار مع المحلول و يتسبب عن ذلك مفعول عكسي فيكون هروب البخار من المحلول اكثر من انتشاره فيه .

لذا يفضل ان تكون درجة الحرارة منخفضة و ثابتة خلال البرج من قمته الى قاعه و خاصة اذا كان الامتصاص الكيماوي يولد حرارة نتيجة تفاعله أي انه ((طارد للطاقة)) و يمكن تلافي زيادة درجات الحرارة باستعمال ملف داخل البرج يدور فيه الماء للتبريد او استعمال تيار مرور للمادة حيث تسحب المادة و تبرد خارج البرج ثم تعاد اليه

٢- الضغط

ان زيادة الضغط الجزئي للمذاب في طور البخار بدون ان يؤثر على توازن الضغط الجزئي للسائل يزيد من معدل الامتصاص و ذلك بسبب زيادة حركة المذاب في المذيب

قانون رآولت "ان ضغط البخار لسائل مثالي يعتمد على ضغط البخار لكل من مكوناته و أجزائها المولية الموجودة في السائل

$$P = {P_1}^* x_1 + {P_2}^* x_2 + {P_3}^* x_3 + \cdots$$

$$P_i = {P_i}^* x_i$$

${P_i}^*$ ضغط البخار للمكون النقي

i الكسر المولي للمكون النقي

قانون دالتون: "ان الضغط الكلي لمخلوط الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة للمخلوط"

$$p_{total} = p1 + p2 + p3 + \cdots$$

$$P_i = y_i \, P$$

i الضغط الجزئي

y_i الضغط الجزئي للمادة

P الضغط الكلي

٣-سرعة الجريان

ان لسرعة جريان كل من السائل و الغاز تأثيراً ميكانيكياً على الامتصاص فإذا كان السائل له خاصية شد سطحي عالي فإن زيادة سرعته ستقلل من ذلك الشد السطحي و بالتالي تزيد من سرعة الامتصاص أما اذا كان الغلاف الغازي ذو مقاومة عالية فيفضل زيادة سرعة الغاز لتقليل هذه المقاومة لتحسين سرعة

الامتصاص مع مراعاة عدم الزيادة عن الحد المطلوب و في كل الأحوال يجب مراعاة التوازن في تيارات الغاز و السائل ، إذ **تغلب سرعة الغاز على السائل قد يحمل معه رذاذ المحلول بكثرة الى خارج الجهاز** و يحدث بذلك **فيضان** السائل و تسمى هذه الظاهرة ب **«ظاهرة الفيضان»** أما تغلب سرعة السائل فتعني زيادة ضخ السائل و قد يقلل الإنتاجية و **ينتج عن زيادة سرعة السائل «ظاهرة الادماع»**

حالة التوازن بين الغاز و السائل

يقصد بحالة التوازن بين الغاز و السائل هي تلك الحالة التي يكون فيها الضغط الجزئي للمذاب في الحالة الغازية مساويا لضغطه الجزئي في السائل المذيب و تكون الإذابة عن هذه النقطة في **اعظم** درجتها

ان تفاوت امتصاص الغازات من مزيجها الذي يمتلكه كل مكون فمثلا في عملية امتصاص الغازات من مزيج الامونيا +الأكسجين +ثاني اكسيد الكبريت سوف يبين لنا ثلاث درجات للذوبان في الماء حيث تظهر لنا إذابة غاز الأكسجين اقل من الغازين الآخرين

ان الغاز القليل الذوبان يتطلب ضغطا جزئيا اعلى من الغاز الاكثر ذوبانا للحصول على الإذابة المطلوبة

أنواع جريان السائل

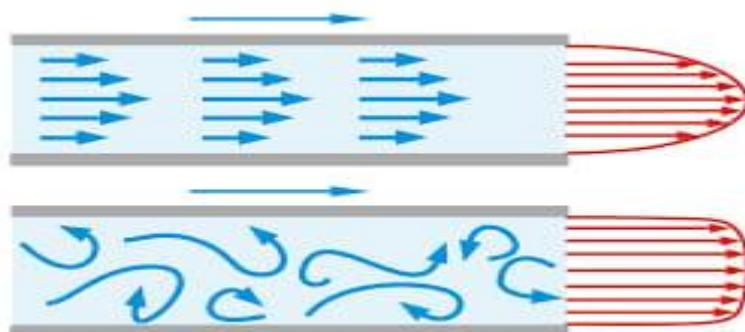
تعتمد عملية الجريان على نوعين من جريان السائل :

الجريان الانسيابي Laminar flow

يعتمد هذا الجريان على جريان طبقة رقيقة من السائل حيث يجري السائل في هذا النوع من الجريان بشكل انسيابي و تتابعي كما هو مبين في الشكل

حيث تكون السرعة القصوى له في الوسط بينما اقل سرعة تكون على الأطراف

الجريان الاضطرابي Turbulent flow

يعتمد على عمل تيار سريع و عشوائي بشكل تناثري و ذلك لزيادة نسبة السطح الى حجم السائل كما هو موضح بالشكل حيث تكون السرعة متساوية في هذا النوع من الجريان

أجهزة الامتصاص

١-النثر الرذاذي

٢-اجهزة التلامس السطحي او ذات الطبقات الرقيقة

٣-اجهزة الفقاعات الغازية

٤-برج الحشوة

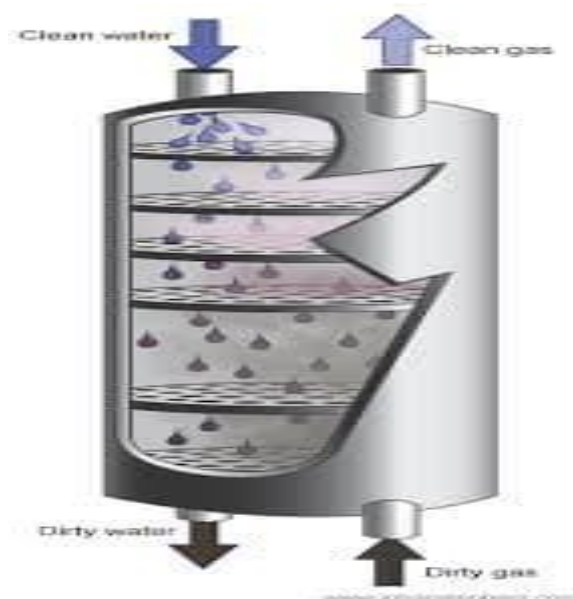
الصفات المشتركة بين هذه الاجهزة

١-تعريض اكبر سطح ممكن من السائل لتماس مع الغاز

٢-اتباع قاعدة التيار المتعاكس

و يعتمد اختيار او تفضيل احد الأنواع عن غيره على عدة عوامل تؤثر على اقتصاديات العملية و التحكم في المواصفات النهائية للمنتج

جهاز برج النثر الرذاذي

يقوم مبدأ عمل الجهاز على نثر السائل في و سط الغاز الصاعد من اسفل الجهاز باتباع قاعدة التيار المتعاكس

تركيب برج النثر الرذاذي :

يتكون البرج من وعاء اسطواني مجوف يدخل فيه من الثلث الاعلى تقريبا انبوب او (أنابيب) ينتهي بفتحة او (فتحات) خاصة تدعىNozzle

لخروج السائل منها وغالبًا ما يُضح السائل تحت ضغط عالي نسبيًا في ذلك الأنبوب او (الأنابيب) لكي يخرج السائل من الفتحة او(الفتحات) على هيئة رذاذ متناثر بشكل مخروط راسه عند فتحة النثر و قاعدته الى الاسفل و يعاكس هذا السيل من الرذاذ المتناثر تيار صاعد من الغاز المراد امتصاصه

الشروط الواجب توفرها في تصاميم أجهزة النثر الرذاذي ذات الكفاءة العالي

١-اذا كانت فتحة النثر واحدة فيجب ان تكون في وسط او مركز البرج واذا كانت اكثر من فتحة فيجب ان تترتب بشكل متساوي بحيث تملأ قاعدة الأشكال المخروطية مساحة المقطع العرضي للبرج

٢-يجب ان يكون هنالك توازن بين سرعة التيار الصاعد في البرج مع سرعة اندفاع السائل المتناثر بحيث ان قطيرات السائل لا تسيل على جدران البرح و يحملها الغاز الى خارج البرج

٣-توفير إمكانية تدوير السائل اذا كان الهدف هو الوصول الى تركيز معين

٤-امكانيةاستعمال ابراج متسلسلة اذا كانت العملية تحتاج الى ذلك

مميزات ابراج النثر الرذاذي

١-كبيرة الحجم

٢-معتدلة السعر

٣-ليست فيها أجزاء متحركة على الأغلب

٤-معتدلة الكلفة التشغيلية (لبساطتها و عدم وجود أجزاء متحركة على الأغلب)

٥-يحصل النقل الحراري بواسطة الحمل

٦-تحتاج غالبا الى مهارة عالية في التصميم و التشغيل و ذلك لحفظ التوازن بين سرعة الغاز الصاعد و سرعة السائل النازل

استعمالات ابراج النثر الرذاذي

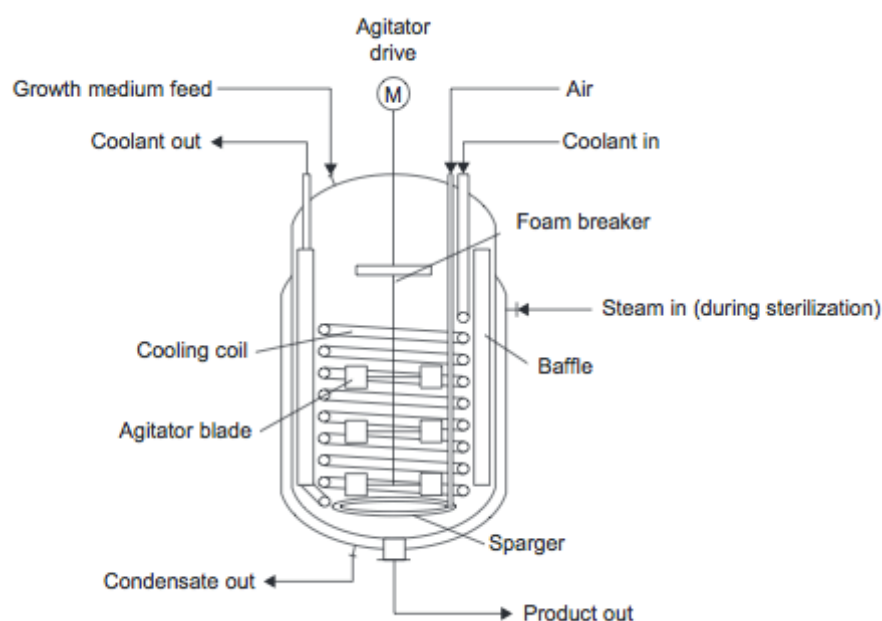
تستعمل ابراج النثر الرذاذي في الحالات التي يكون فيها الغاز قليل الذوبان نسبيا في السائل حيث ان ابراج النثر الرذاذي تتيح لنا استعمال نسبة كبيرة من السائل بالنسبة للغاز أما اذا كانت قابلية ذوبان الغاز كبيرة في السائل فيمكن استعمال ابراج النثر الرذاذي ذات الطبقات المتعددة و المرتبة فوق بعضها البعض او استعمال سلسلة ابراج متتالية

أجهزة التلامس السطحي او ذات الطبقات الرقيقة

ان هذه الاجهزة لا تعتمد على خلط الغاز مع السائل و إنما تعتمد على السطح المبلل بالسائل و ملامسة الغازات وبذلك يكون التماس الوحيد بينهما هو عن طريق سطح طبقة السائل الرقيقة النازلة و التي يعاكسها تيار الغاز الصاعد او قد يسير التياران في نفس الاتجاه ومثال على ذلك جهاز التلامس السطحي المستعمل لإذابة حمض الهيدروكلوريك في الماء

جهاز الخلط (الخبط)

ان الأساس في عملية الامتصاص بطريقة الخلط هو إدخال الغاز في انبوب الى اسفل السائل الموجود أصلا في الخلاط ومن ثم تحريك السائل بواسطة

الخلط السريع

العوامل التى يعتمد عليها أجهزة الخلط عند التصميم

١-سرعة الخلط حيث انه كلما زادت سرعة الخلط زادت كفاءة الامتصاص لذا فإن معظم الاجهزة من هذا النوع هي خلاطات توربينية إذ تصل عدد الدورات الى حدود ١٣٠٠-١٤٠٠ دورة

٢-دخول الغاز من اسفل الجهاز على شكل فقاعات صغيرة و ذلك لزيادة نسبة مساحة الغاز الى حجمه من اجل زيادة التماس بين سطح الغاز و السائل و بالتالي زيادة كفاءة عملية الامتصاص

<u>يمكن الحصول على الفقاعات الغازية الصغيرة بإحدى الطرق التالية:</u>**

أ-ضغط الغاز من خلال قرص فخاري فيخرج الغاز من المسامات الصغيرة بشكل فقاعات متناهية في الصغر و لكن هذا العمل مكلف للغاية

ب-ضخ الغاز بضغط بسيط في انبوب ذي نهاية مثقبة او في قرص رش في اسفل الخلاطة وفي هذه الحالة يجب ان لا يكون موقع الفقاعات في مركز الخلاطة لان التحريك السريع للسائل بواسطة الخلاط سيخلق فراغًا مخروطيًا فيقل التماس بين الغاز و السائل و لضمان عدم وصول الفقاعات الغازية الى وسط الخلاطة يوضع قرص فوق فتحات الغاز

٣-درجة الحرارة :يجب ان تتوفر إمكانية السيطرة على درجات الحرارة بواسطة استعمال ملف لولبي او جيب ماء بارد و ذلك حسب متطلبات الحال

<u>مميزات أجهزة التلامس السطحي</u>

١-متوسطة الحجم

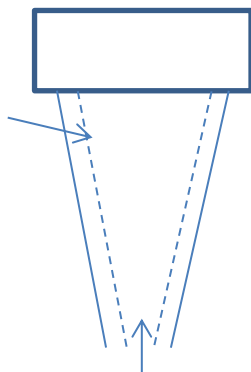
٢-لا يوجد فيها أجزاء متحركة و بذلك تكون تكلفتها التشغيلية مناسبة

٣-يتم النقل الحراري فيها بصورة سريعة عن طريق استعمال جيب تبريد او عن طريق مبادل حراري منعزل دوار خلاله محلول فلا يحصل تسخين موضعي

٤-يكون المحلول النهائي متجانسا لان الامتصاص محدود بطبقة رقيقة جدا

٥-تحتاج الى مهارة عالية و دقيقة لسرعة الغاز و طبقة السائل

<u>استعمالات أجهزة التلامس :</u>

أجهزة التلامس أصبحت في الوقت الحاضر اكثر شيوعًا كونها اقتصادية و خاصة في حال استعمال السوائل او المحاليل ذات اللزوجة العالية

أجهزة الفقاعات الغازية

يعتمد هذا النوع من أجهزة الامتصاص على إمرار الغاز على شكل فقاعات في حجم سائل متحرك و يقسم هذا الصنف الى الأنواع التالية :

١-جهاز الخلط

٢-برج الصفائح الغربالية

٣-برج الفقاعات الغازية و الأغطية

يتكون **برج الصفائح الغربالية** من برج مثبت بشكل عامودي و يحتوي على سلسلة من الصواني بالأفقية المثبتة و الموضوعة على أبعاد محددة داخل البرج بحيث تكون هذه الطبقات فوق بعضها البعض

مميزاته:

١-رخيص الثمن و بسيط في التصنيع

٢-يستخدم مع المواد النفطية التي لا تحوي على مواد غريبة او ترسبات

٣-فرق الضغط اقل منه في برج الأغطية الفقاعية

المساوئ:

١-انخفاض كفاءة الصينية عند تخفيف كمية الغاز المحملة للبرج

٢-ليس لديه مرونة في تغيير الحمولة

وظيفة الصينية :

تكوين سطح تماس بين السائل و الغاز

كفاءة الصينية :

هي كمية الامتصاص الفعلي الى كمية الامتصاص المحسوبة نظريا

يتكون برج الأغطية الفقاعية من برج مثبت بشكل عامودي و يحتوي على سلسلة من المراحل (الصواني) تكون على شكل طبقات مرتبة بشكل متتالي فوق بعضها البعض الأغطية موجودة على الصواني تسمح بمرور البخار الغاز المتصاعد و لا تسمح بمرور السائل منها بل من خلال الأنابيب الجانبية

بإضافة الى أنها مرنة في التشغيل أي أنها تتحمل التغيير في كمية الغاز و السائل.

المساوئ :

١-كلفتها عالية بالمقارنة مع الأنواع الأخرى

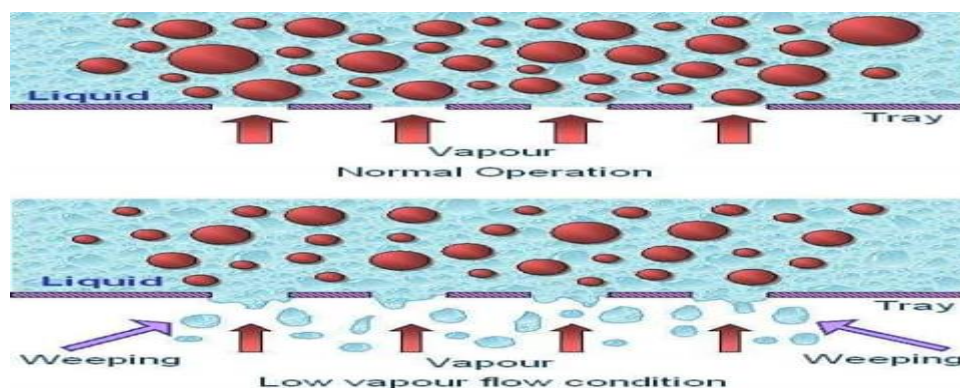
٢-فرق الضغط (الهبوط في الضغط) فيها اكبر مما عليه في الاجهزة الأخرى

٣-يكون ثمنها غالي

٤-تكلفته التشغيلية عالية

٥-يحتاج الى جهد كبير في الصيانة

برج الصفائح الغربالية

ان الصفائح الغربالية مصممة لتوزيع السائل بصورة متجانسة على البرج و يتراوح قطر الفتحات الغربالية عادة بحدود ٠,٥ سم و يصعد تيار الغاز ببطء في البرج من خلال تلك الفتحات و يمكن استعمال الشقوق بدلا من الثقوب

برج الصفائح (الصوانى) الفقاعية

يلاحظ ان الصفائح الفقاعية لا تختلف في تصميمها عن تلك المستخدمة في برج التقطير التجزيئي

من اهم الشروط الواجب توفرا عند استعمال ابراج الصفائح **هي ضبط التوازن بين سرعة الغاز الصاعد و سرعة جريان السائل النازل** لان عدم ضبط التوازن يؤدي الى الأمور التالية :

١-اما نزول السائل من الثقوب و هذا يحدث عندما تكون سرعة جريان السائل اعلى بكثير منه في الغاز

٢-ان يصعد الغاز حاملا السائل معه وهذا يحدث عندما تكون سرعة الغاز اعلى بكثير منه في السائل

٣-تكون بعض الثقوب مسدده نتيجة تعادل الضغط بين السائل و الغاز

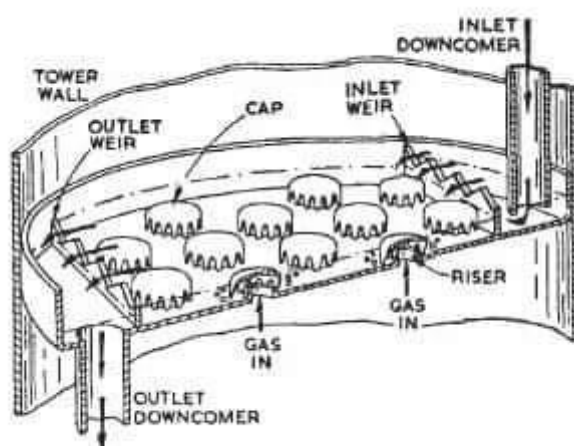



Figure 4. *Bubble cap tray configuration.*

برج الحشوة (التعبئة)

ان الغاية من تعبئة البرج بالحشوة هي تكون سطح واسع لتماس السائل مع الغاز . و الحشوة عبارة عن قطع صغيرة يعتمد حجمها على طريقة تعبئتها داخل الأسطوانة فمثلا عند تعبئتها بشكل عشوائي يتراوح حجم الحشوة (٠,٢٥-٣) أنش بينما عند تعبئتها باليد او ما يسمى بترتيبها باليد فيتراوح حجمها (٢-٨) أنش بينما الحشوة ذات الحجم ١ أنش فتستعمل في الغالب في المختبرات او في المحطات التجريبية فقط

أشكال الحشوات

الشروط الواجب توفرها فى الحشوة

١-يجب ان تكون خاملة كيميائيا بحيث لا تتفاعل مع الغازات او السوائل الداخلة للبرج

٢-يجب ان تكون قوية عندما لا يمون هناك وزن زائد

٣-ان تحتوي على ممرات مناسبة لعبور السوائل و الغازات على السواء

٤-ان تتيح مساحة سطحية جيدة لتلامس الغاز و السائل

٥-ان تكون غير مكلفة و رخيصة الثمن

لهذه الأسباب و الشروط الممكن توفرها عند تصنيع الحشوة من المواد التالية :

١-الطين ٢-البورسلان ٣-من مواد بلاستيكية مختارة ٤-حلقات من حديد او المنيوم

ملاحظة : يمكن الحصول على ممرات مناسبة وجيدة باستعمال حشوات فارغة او غير منتظمة

مميزات ابراج الحشوة

١-يمكن استعمال برج الحشوة عند العمل تحت الضغط الفراغي او في حالة الضغوط القليلة

٢-امكانية استعمال برج الحشوة عند استعمال سوائل (مذيبات) تسبب رغوة

٣-تصنيع هذا النوع من الأبراج عادة هو ابسط و ارخص حين تكون مواد الامتصاص من النوع الذي يسبب التأكل للمعادن الاعتيادية

٤-قد تتراكم ترسبات على أجسام الحشوة و بالتالي تقلل من كفاءة البرج و بذلك فانه يحتاج الى غسل بين فترة و أخرى او تبديل أجسام الحشوة

٥-اذا زادت درجة الحرارة في البرج نتيجة الحرارة الناشئة من الامتصاص فيتكون ضغط عكسي على الغاز

استعمالات جهاز الخلط (التوربيني)

١-يستعمل في الوجبات او كميات الإنتاج الصغيرة نسبيا

٢-يستعمل عندما تكون لزوجة السائل الأصلي (المذيب) او المنتج النهائي عالية كما هو الحال في الزيت المهدرج او في صناعة حمض السلفونيك مثلا

٣-يستعمل عندما يجري الامتصاص بوجود عامل مساعد

مميزات جهاز امتصاص الغاز التوربيني

١-يمكن استعمال أي ضغط فيه

٢-يمكن استعمال عامل مساعد فيه اذا تطلب الأمر كما هو الحال في هدرجة الزيوت النباتية

مبدأ حسابات عملية الامتصاص

في أي عملية امتصاص يجب ان تكون المادة المُزالة من الغاز تساوي

الكمية الممتصة من قبل المذيب (السائل)

فلو فرضنا ان سرعة الغاز الخالي من المادة المذابة =(ك كغ/ساعة) و يحتوي على (س١) كغ من الغاز القابل للذوبان لكل ١ كغ من الغاز الداخل الى جهاز الامتصاص و بعد الامتصاص تبقى نسبة (ص.) من الغاز القابل للذوبان في الغازات الخارجة من الجهاز و يقابل ذلك تيار من السائل (المذيب) الخالي من المذاب بسرعة = (ل كغ/ساعة) و يحتوي هذا السائل على (س.)من المذاب في كل ١ كغ من المذيب و يخرج السائل بعد عملية الامتصاص محتويا على (ص١) كغ من المذاب في كل ١ كغ من المذيب و تصبح العلاقة الرياضية حسب الاتزان المادي كما يلي :

$$\frac{ص_1 - ص_.}{س_1 - س_.} = \frac{ل}{ك}$$

ل سرعة السائل كغ/ساعة الخالي من المذاب

س١ كمية الغاز القابل للذوبان (كغ) لكل ١ كغ من الغاز الداخل الى جهاز الامتصاص

س . كمية الغاز القابل للذوبان (كغ) لكل ١ كغ من السائل الداخل الى جهاز الامتصاص

ك سرعة الغاز (كغ/ساعة)

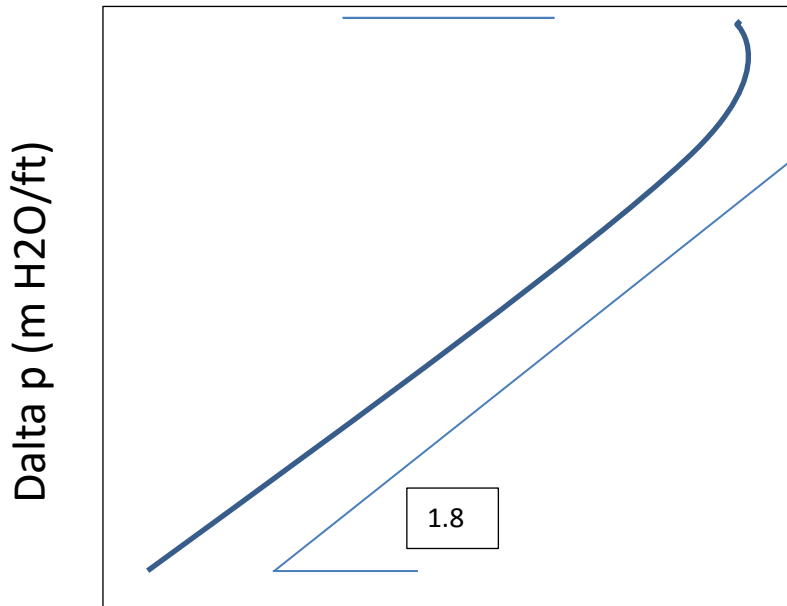
ص١ كمية الغاز المُمتص من قبل السائل بعد عملية الامتصاص (كغ) لكل ١ كغ من السائل المذيب

ص . كمية الغاز القابل للذوبان الخارج مع الغازات الخارجة من الجهاز (الغير ممتص) بوحدة (كغ)

من هنا نلاحظ تركيز المذاب في السائل الخارج من الجهاز لا يمكن ان يكون اكثر من تركيز ذلك المكون في الغازات الداخلة الى الجهاز في نفس درجة الحرارة و بذلك فان اعلى قيمة ممكنة التركيز س١ هو ص١ و كذلك اعلى قيمة لتركيز س . هو ص .

فرق الضغط يأتي من جراء تدفق المائع وما يحدثه من احتكاك هذا المائع مع الحشوة

عند معدل جريان (تدفق) ثابت للسائل هناك حد اقصى لمعدل تدفق الغاز و السرعة التي تمثل هذا الحد الأقصى تسمى سرعة الفيضان

و يمكن تحديد هذه السرعة او هذه النقطة بإيجاد فرق الضغط و معدل تدفق الغاز من خلال ملاحظة ممانعة الغاز لتدفق السائل الى الاسفل

<u>الهبوط في الضغط في الحشوة الرطبة يكون</u> :

١-اكبر من الهبوط في الضغط في الحشوة الجافة

٢-اقل من الهبوط في الضغط في الحشوة الجافة

٣-مساوي للهبوط في الضغط في الحشوة الجافة

فرق الضغط في الامتصاص الرطب اعلى منه في الجاف بسبب وجود السائل و الذي يصغر من الفراغات التي يجري فيها الغاز

سرعة التحميل (نقطة التحميل): هي النقطة التي يبدأ عندها السائل بالتجمع فوق الحشوة بسبب مقاومة الغاز للسائل للنزول خلال الحشوة الى الاسفل بسبب زيادة سرعته

سرعة الفيضان (نقطة الفيضان): هي السرعة التي تمثل الحد الأقصى لتدفق الغاز عند معدل ثابت لتدفق السائل و التي عند تلك النقطة يستطيع الغاز على حمل السائل و الخروج فيها الى اعلى الجهاز

سرعة التحميل (نقطة التحميل): هي السرعة التي تمثل حد معين لتدفق الغاز عند معدل ثابت لتدفق السائل و التي عند تلك النقطة يستطيع الغاز مقاومة السائل للنزول خلال الحشوة الى اسفل بحيث يبدأ السائل عندها بالتجمع فوق الحشوة

<u>ظاهرة المسارب</u>

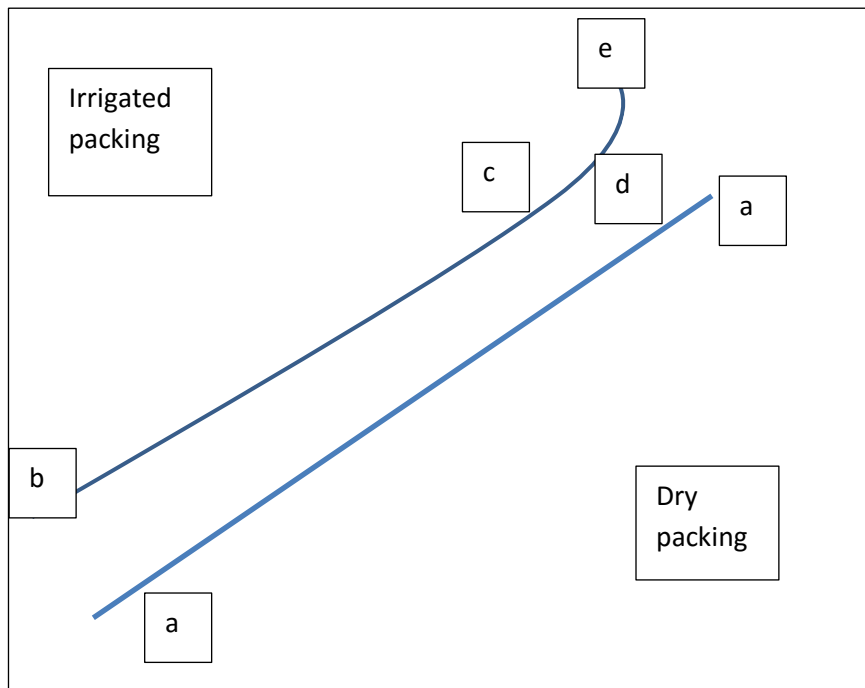
تظهر ظاهرة المسارب بسبب عدم توزيع السائل النازل على جميع أجزاء الحشوة بحيث يتم تغطية المقطع العرضي لبرج الامتصاص و هذا يؤدي الى ان السائل يسير خلال ممرات مناسبة له مما يؤدي الى ان مساحة كبيرة من الحشوة تكون غير مبللة مما يؤدي الى انخفاض المسار الطبقي للتلامس بين الغاز و السائل و انخفاض معدل الامتصاص بسبب عدم التلامس بين الغاز و السائل .

<u>الأسباب الرئيسية لحدوث ظاهرة المسارب :</u>

١-طول البرج

٢-عدم اختيار أقطار الحشوة المناسبة لقطر البرج

٣-سرعة تدفق السائل

٤-ترتيب الحشوة داخل البرج

طول الحشوة L

الضغط P

السرعة التشغيلية للغاز Gy

معدل جريان السائل Gx

في حال الحشوة الجافة تكون العلاقة بين

:$\frac{P}{L}$ ά $Gy^{1.8}$

علاقة خطية بميل ١,٨

الخط(a-a)

أما في حال الحشوة المبللة و معدل جريان السائل ثابت فان العلاقة بين

Gy & P/L

تتبع للخط

(b c d e)

عندما يكون معدل جريان الغاز قليل او متوسط فإن

$\frac{P}{L}$ ά $Gy^{1.8}$

ولكنها اكبر منه في حالة الحشوة الجافة عند نفس سرعة الغاز

وعند زيادة سرعة الغاز ينحني الخط الى الاعلى و يبدأ عند النقطة

C

وعند زيادة سرعة الغاز اكثر فان العلاقة بين

Gy & P/L

تتبع الخط

(cde)

عند النقطة غاز C نلاحظ ان تغير الضغط بالنسبة للطول تزداد بحدة عند سرعة ثابت تقريبا

عند زيادة الضغط على طول الخط (b c)فإن كمية السائل داخل البرج

ثابتة و لا تعتمد على سرعة الغاز و ينساب السائل الى الاسفل خلال الحشوة غير متأثر بحركة الغاز

وعند النقطة Cنقطة التحميل يبدأ الغاز بمعارضة حركة السائل للأسفل

ويبدأ السائل بالتجمع خلال الحشوة و عند زيادة سرعة الغاز ارتفاع السائل نحو الاعلى و يتغير الضغط حسب الخط

(c d e)

وعند E نقطة الفيضان يتغطى السائل بالحشوة من الاعلى بطبقة من السائل التي

تتخللها فقاعات الغاز الخارجة الى الاعلى و عند هذه النقطة تكون قوة الغاز كبيرة بحيث تمنع السائل من الانسياب للأسفل و تنمو طبقة السائل فوق سطح الحشوة حتى يبدأ السائل بالخروج من فتحة الغاز العلوية

لمنع حدوث فيضان فان :

السرعة التشغيلية للغاز Gy يجب ان تكون اقل من سرعة الفيضان و العلاقة بينهما :

$$Gy\ (operation\ ) < Gy\ (flooding)$$

$$Gy\ (optimum) \cong 0.5\ Gy\ (flooding)$$

- **عندما تكون سرعة الغاز قليلة فأن:**

تكلفة الطاقة قليلة

حجم البرج يكون اكبر

- **عندما تكون سرعة الغاز عالية فأن:**

١-تكلفة الطاقة كبيرة

٢-حجم البرج صغير

- ✓ **ملاحظة: سرعة الغاز المطلوبة تعتمد على :**
- ✓ **الموازنة بين تكلفة الطاقة و ثمن الاجهزة**

تصمم الأبراج لتعطي فرق ضغط

في حالة ابراج الامتصاص

$$\Delta P = 0.25 - 0.5\ \ in\ \ H2O/ft$$

في حالة ابراج التقطير

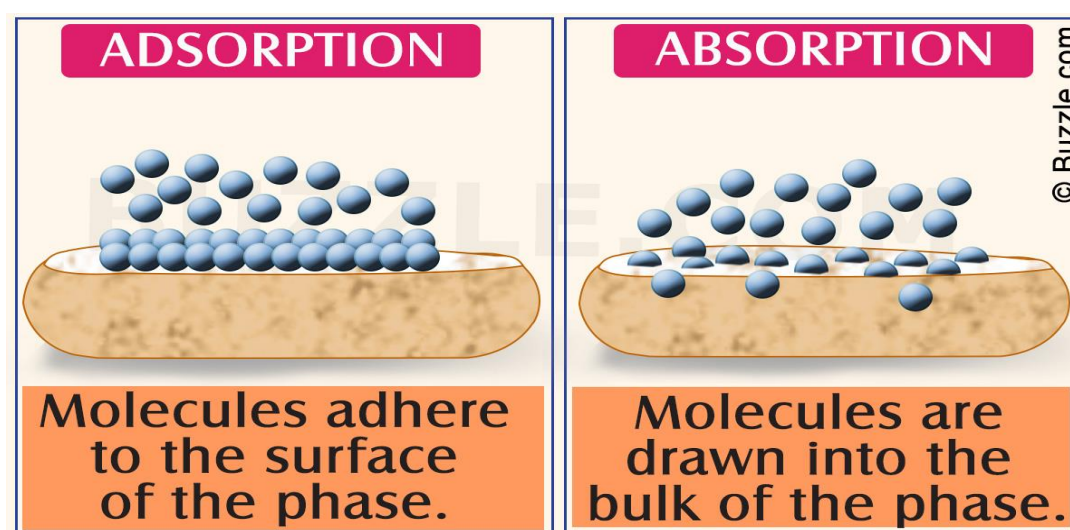
$$\Delta P = 0.5 - 0.8\ \ in\ \ H2O/ft$$

الوحدة الثالثة : الادمصاص

<u>الادمصاص</u> : هي عملية تثبيت او التصاعد جزيئات المائع سواء غازيا أم سائلا على سطح المواد الصلبة التي تمتلك قوة جذب لتلك الجزئيات نتيجة خاصية الشد السطحي فتعتمد تلك القوة على الشكل الفيزيائي و التركيب الكيماوي للمادة الصلبة و المائع و تستعمل هذه الطريقة لفصل المواد الغير مرغوب بها .

<u>الفرق بين الامتصاص و الادمصاص يمكن إيجازه فيما يلي :</u>

الامتصاص هو انتشار جزئيات مذاب بين جزيئات المذيب

الادمصاص هو ظاهرة سطحية فقط أي التصاق جزيئات المائع على سطح الجسم الصلب

<u>أنواع الادمصاص</u>

١-ادمصاص كيميائي

٢-ادمصاص فيزيائي

الادمصاص الفيزيائى :

تطلق تسمية الادمصاص الفيزيائي على ادمصاص جزيئات المائع من قبل الفراغات الموجودة على سطح المادة الصلبة بتأثير قوة جذب ذلك السطح على الجزيئات وتسمى تلك القوة ب

van der Waals forces

وفي عملية الادمصاص الفيزيائي تحتفظ المواد الملتصقة بالسطح بخواصها الأساسية

لكي يتم تنشيط مادة الادمصاص وإعادة استعمالها مرة ثانية يتم ذلك من خلال رفع درجة الحرارة او تقلل الضغط عندئذ تنفصل المادة التي تم ادمصاصها عن سطح الادمصاص و بذلك يمكن إعادة استخدام مادة الادمصاص مرة أخرى

الادمصاص الكيميائى:

يحدث هذا النوع من الادمصاص نتيجة وجود قوة تجاذب كيماوية بين جزئيات المائع مع جزئيات المادة الصلبة أي أنها تكون عائدة الر الروابط (الأواصر) الكيماوية التي تربط تلك المواد مع بعضها البعض و تكون هذه القوة اكبر من القوة الموجودة في حالة الادمصاص الفيزيائي كما ان الحرارة تكون اكبر لأنها تتضمن حرارة التفاعل و يصعب عكس الادمصاص الكيماوي كما انه يزداد بزيادة درجة الحرارة و مثال على ذلك دور العامل المساعد في التفاعلات الكيماوية مثل خامس أوكسيد الفاديوم في صناعة حمض الكبريتيك

العوامل المؤثرة على عملية الادمصاص :

تعتمد سعة الادمصاص لمادة الادمصاص أخذين بعين الاعتبار نوع تلك المادة على النقاط التالية :

١-المساحة السطحية للمادة : حيث تزداد سعة الادمصاص بزيادة المساحة السطحية و لهذا فأن قابلية ادمصاص الزيوليت قليلة لكون مساحته السطحية قليلة بينما يكون معدل ادمصاص الكربون المنشط عالية بسبب المساحة السطحية الكبيرة التي تملكها تلك الجسيمات و يمكن معرفة المساحة السطحية من معرفة عدد و حجم الجسيمات التي تم ادمصاصها

٢-تركيز المواد الغير مرغوب فيها بالمحلول بمعنى هل المائع يجتوي على مواد قد تعيق عملية الادمصاص او أحيانا قد تسرع عملية الادمصاص و خاصة الكيماوي منها

٣-الخواص الحركية و بصورة خاصة الفترة الزمنية للاتقاء السائل بالمادة الصلبة

الفرق بين الادمصاص الكيماوي و الفيزيائي

	الادمصاص الكيماوي	الادمصاص الفيزيائي
درجة الحرارة (الادمصاص)	اكبر عدة مرات من حرارة التسييل الطبيعي	اكبر قليلاً من حرارة التسييل الطبيعي
الكمية الممتصة	قليلة	كميات كبيرة
تأثيره بدرجة الحرارة	تزداد بزيادة درجة الحرارة	لا يحدث هذا النوع عند درجات حرارة اعلى من درجة الغليان
تأثيره بالضغط الجزئي	يكون كبيرا في الضغط الجزئي المنخفض يزداد قليلا بزيادة الضغط الجزئي	يزداد بزيادة الضغط
تغطية السطح	غير كاملة و تشمل طبقة منفردة	تغطية كاملة و تمتد الى عدة طبقات

مواد الادمصاص

عادة تكون مواد الادمصاص على شكل حبيبات بحيث تكون لها سعة سطح واسع بالنسبة الى حجمها غير أنها تختلف من مادة الى أخرى في قابليتها لاحتضان الجزئيات المختلفة إذ ان الحجم الجزيئي و الألفة الكيماوية والوسط الحامل لها تؤثر على كفاءة الادمصاص **ومن اهم النقاط (الشروط) الواجب مراعاتها عند تصنيع مادة الادمصاص هي :**

١-ان تكون ذات شكل هندسي يسبب اقل فرق ضغط ممكن للمائع الجاري و خاصة اذا كانت مادة الادمصاص ثابتة في أجهزة الادمصاص

٢-ان تكون غير سهلة الحمل مع المائع الخارج في الأوعية ذات المحتويات الثابتة

٣-ان تكون لها قوة شد مناسبة و صلابة مناسبة

٤-ان تكون ذات مساحة سطحية عالية (سطح المساحات) و هذا يعني زيادة معدل الادمصاص

من اهم مواد الادمصاص:

١-**التراب الطيني (التربة الفلزية)** : تستخدم لتصفية الزيوت النباتية و الحيوانية و ازالة اللون و تصفية مشتقات البترول و تصفية الكبريت

٢-**الكربون المنشط** : و يمكن الحصول عليه بحرق العظام الفحم قشور جوز الهند و الأخشاب في درجات حرارة اقل من ٨٧٠ كلفن و يمكن استعماله لادمصاص ابخره المذيب لتنقية الماء و ازالة لون محلول السكر (تصفية السكر) و تكون ماحة سطحية داخلية بحدود ١٠٠٠ متر مربع /غم

٣-**السيليكا الهلامية** : و تكون أما بشكل حبيبات او أشكال غير بلورية للسيليكا و تصنع بتسخين مادة الهلامية الى درجة حرارة ٦٣٠ كلفن حيث انه بعد ان تجمع محلول سيليكات الصوديوم تتكون أشكال صلبة زجاجية ذات مسامات و تستعمل لتخفيف السوائل و الغازات (ازالة الرطوبة) و كذلك لفصل الهيدروكربونات و بعض أنواع السيليكا الهلامية يملك المساحة السطحية التي تزيد ع ٣٥٠ متر مربع /غم

٤- المغنيسا : تستعمل عند التعامل مع البنزين و المذيبات

٥-الالومينا المنشطة : تمتاز بقوة شد عالية و تستعمل في التطبيقات الحاوية على مادة الادمصاص المتحركة و تصنع بتسخين الالومينا الرطبة الى درجة حرارة ٦٧٠ كلفن و تقوم بإزالة الرطوبة المساحة السطحية بحدود ٢٥٠ متر مربع /غم

٦-الفحم الحيواني : لتصفية السكر

٧-الفحم النباتي :تصفية الغازات (مثلا من الغازات السامة) ازالة الروائح تنقية السكر

تعادل الادمصاص

ان تعادل الادمصاص للغاز او البخار على المادة الصلبة لا يختلف عن تعادل الغاز في السوائل (الامتصاص) أي هي الحالة التي يكون فيها تركيز المادة ل (الضغط في الحالة الغازية) في مادة الادمصاص مساويا لما عليه في المائع

يزداد الادمصاص بزيادة الضغط الى ان يصل الى ضغط الإشباع حيث عند تجاوز هذا الضغط الى ضغط اعلى تتكثف الأبخرة متحولة الى مادة سائلة

خطوات عملية الادمصاص

تتضمن عملية الادمصاص بصورة عامة ثلاثة خطوات رئيسية هي :

١-اتصال السائل او الغاز مع الجسم الصلب (مادة الادمصاص)و خلال هذه العملية يلتصق جزء من المائع (الجزء المراد إزالته) على سطح الجسم الصلب فمثلا الفحم الحيواني له الفة اجتذاب المادة الملونة للسكر الخام او الدهن النباتي الخام و بذلك يتم تصفية السكر من المادة الملونة و قد تجري عملية الادمصاص تحت ظروف خاصة من الضغط و درجة الحرارة و فترة زمنية معينة

٢-فصل السائل عن الجسم الصلب :وهذه العملية مكملة لعملية الادمصاص إذ لو بقي الجسم الصلب مخلوطا مع السائل انعدمت الفائدة الفعلية من عملية الادمصاص و غالبا ما يتم هذا الفصل بعملية الترشيح

٣-تجديد او تنشيط وسط الادمصاص :لكل مادة من مواد الادمصاص قابلية معينة في اجتذاب المائع المطلوب ادمصاصه في العملية وعند وصول وسط الادمصاص حد التشبع فلا بد من إبدال الجسم الصلب (وسط الادمصاص) او تنشيطه وعادة تكون عملية التنشيط بواسطة الحرارة او إمرار غاز حار لإعادة نشاط المادة

طرق إجراء عملية الادمصاص

١-الادمصاص بالطبقة الثابتة

٢- الادمصاص بالطريقة الغروية

٣-الادمصاص المستمر

الادمصاص بالطبقة الثابتة

تتم هذه العملية بوجود طبقة ثابتة من مادة الادمصاص في وقع يقع في مجرى المائع و تكون مادة الادمصاص المستعملة في هذه الطريقة على شكل حبيبات صغيرة المسامية

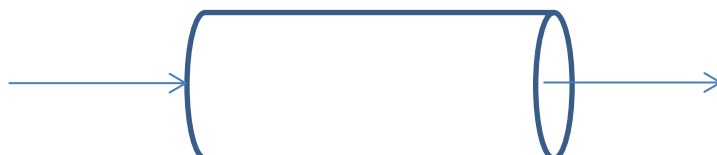
مزايا طريقة الادمصاص بالطبقة الثابتة :

١-يجب ان تكون مادة الادمصاص حبيبية يتراوح قطرها من ٢-٥ ملم إذ لو زاد الحجم عن الحد الاعلى يقل سطح التلامس و كذلك لو قل الحجم عن الحد الأدنى لأصبحت المسافة البينية قليلة لا تسمح بمرور المائع خلالها و يقل سطح التلامس أيضا فتقل الكفاءة تبعا لذلك

٢-المائح الجاري في هذه الطريقة لا يحتاج الى تنقية او ترشيح

٣-تتطلب الاجهزة الخاصة بهذه الطريقة عادة الى أجهزة مضاعفة تعمل بالتناوب في عملية الادمصاص يكون احدهما تحت العمل و الأخر ضمن عملية التنشيط

الاجهزة المستعملة للطبقة الثابتة

١-قناة التلامس : وهي قناة بسيطة تحتوي على مادة الادمصاص يمر عليها السائل او الغاز

٢-برج الادمصاص: وعادة يكون ذو طبقات بحيث ان هذه الطبقات تحمل مادة الادمصاص ، عند دخول الغاز الخامل او بخار الماء الى برج الادمصاص يتم التبادل الحراري بينه و بين مادة الادمصاص بحيث يبرد الغاز الخامل و يبدأ بالتكثف بينما مادة الادمصاص تكتسب الطاقة الحرارية منه مما يؤدي الى رفع درجة حرارة مادة الادمصاص و هذا يؤدي الى عملية فصل المادة المعروفة عن مادة الادمصاص و هنا تنتقل المادة الممدصة غاز الى وسط السائل المتكثف (سائل التنشيط)

استعمالات هذه الطريقة

١-تستعمل في تكرير النفط

٢-تستعمل في تجفيف الهواء

٣-تنقية و تجفيف الغازات

٤-في عمل الكمامات الواقية من الغازات السامة و غيرها

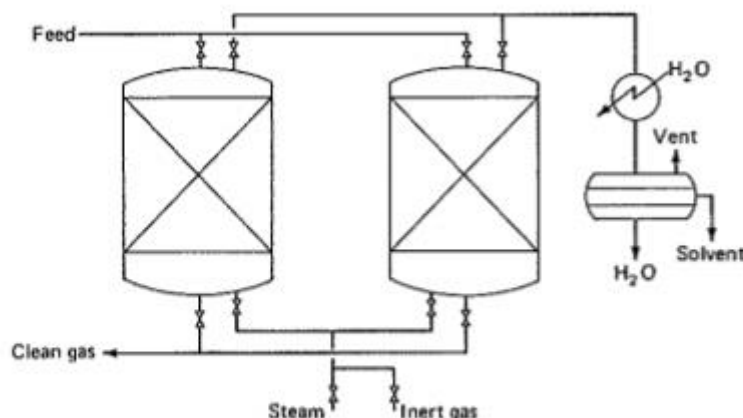



FIGURE 25.1
Vapor-phase adsorption system.

يتكون جهاز الادمصاص بالطبقة الثابتة من برجين متوازيين بحيث توضع حبيبات مادة الادمصاص على شكل طبقة او طبقات داخل البرج و تدخل مادة التغذية خاصة الغازات من اعلى البرج بحيث يكون احد البرجين تحت العمل بينما البرج الثاني يكون في حالة التنشيط و يفضل دخول الغاز من اعلى البرج لان دخوله من اسفل البرج يؤدي الى دفع جزئيات مادة الادمصاص الى الاعلى لو خروج هذه الجزئيات خارج البرج مما يؤدي الى خسارة في مادة الادمصاص و يخرج الغاز من اسفل البرج بحيث انه عندما يصل تركيز الغاز الى القيمة المطلوبة (النقاوة المطلوبة) يتوقف أوتوماتيكيا البرج عن العمل و خط التغذية (الغاز) ينتقل الى البرج الثاني بينما تبدأ عملية إعادة تنشيط البرج الأول

إعادة التنشيط تتم بواسطة غاز خامل حار او بواسطة بخار ماء حار اذا كانت المادة الممدصة لا تذوب في الماء و تبدأ عملية التنشيط و تمر بهذه الخطوات:

بخار او الغاز الخامل الحار يبدأ في التكثيف خلال مروره على مادة الادمصاص مما يؤدي في رفع درجة حرارة مادة الادمصاص و هذا بدوره يؤدي الى عملية فصل المادة الممدصة عن مادة الامتصاص و تخرج المادة الممدصة مع الماء و يتم تكثيفه ومن ثم بواسطة الفاصل عن الماء و في بعض الأحيان مادة الادمصاص بعد ذلك يتم تبريدها و تجفيفها بواسطة غاز خامل

حجم جزئيات مادة الادمصاص يعتمد على تدفق الغاز و وقت التلامس و المساحة و سرعة الغاز تتراوح (٠,٥ -١,٥) قدم/ثانية او

(٠,١٥ – ٠,٤٥) متر/ثانية و هذه السرعة تعطي فارق ضغط عند استعمال برج الادمصاص

ملاحظات:

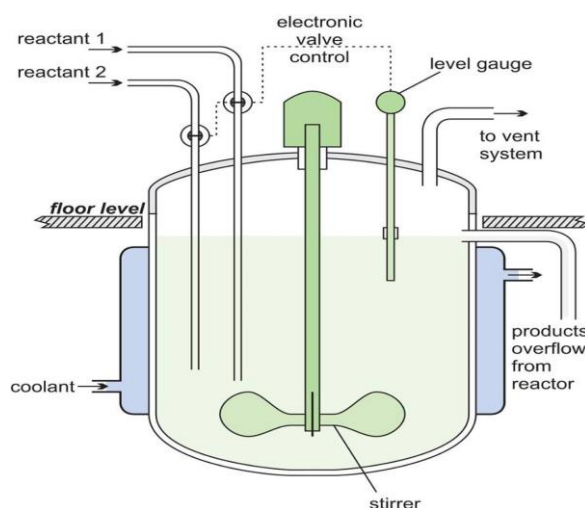
١-ارتفاع طبقة مادة الادمصاص و معدل التدفق يتم اختيارهما ليبقى عمل برج الادمصاص من ٢-٢٤ ساعة (فترة زمنية مناسبة)

٢-كلما كان ارتفاع طبقة مادة الادمصاص اعلى كانت الفترة الزمنية و الكلفة التشغيلية عالية و هذا ليس اقتصاديا و لكن عند استعمال طبقة ذات ارتفاع قدم واحد يؤدي الى تقليل فرق الضغط و تقليل حجم البرج و لكن أيضا هذه العملية لا تعطي كفاءة جيدة للادمصاص و تتطلب طاقة اكثر لعملية التنشيط

٣-جهاز تجفيف الغاز : جهاز تجفيف الغاز مماثل لما عليه في عملية الادمصاص بالطبقة الثابتة و يستعمل فيه غاز خامل حار لعملية التنشيط و الغاز الخارج يتم إطلاقه من خلال صمام موجود في وحدة الفصل

الادمصاص باجهزة ذات المُحرك

الادمصاص بطريقة غروية

تتم هذه العملية باستعمال المادة ادمصاص بحالة مسحوق دقيق جدا يُنشر في وسط سائل ربما في نفس السائل المراد تنقيته

مزايا طريقة الادمصاص بطريقة الغروية :

١-يجب ان تكون مادة الادمصاص متناهية الصغر بحيث تقاس حبيباتها بالمايكرو نات (٢٠٠-٣٠٠)

٢-تحتاج هذه الطريقة الى ترشيح من العوالق المحمولة مع الغروي او أي عملية فصل

٣-يمكن التحكم في ظروف عملية الادمصاص من ضغط او تفريغ طول فترة التلامس

الاجهزة المستعملة في هذه الطريقة

يستعمل في هذه الطريقة المحرك لتجانس المزيج وقد يحتوي الوعاء على جيوب تسخين او تبريد وقد يكون الوعاء مغلق لسيطرة على الضغط تستعمل هذه الطريقة في ازالة لون محلول السكر ، تنقية الكبريت

استعمالات هذه الطريقة :

١- تستعمل هذه الطريقة في حالة الوجبات و أحيانا مع الوجبات المستمرة

٢-تستعمل في كون المادة المراد تنقيتها في حالة السيولة

٣-تستعمل هذه الطريقة عندها تتطلب هذه الطريقة ظروف خاصة مثل الضغط درجة حرارة و فترة زمنية محددة

٤-تستعمل مادة الادمصاص على شكل الادمصاص على شكل مسحوق او ناعمة لكي تسرع من عملية الادمصاص بمعنى أنها تزيد معدل الادمصاص اكثر من لو كانت على شكل حبيبات و لكنها تحتاج الى أجهزة إضافية لفصل مادة الادمصاص عن المادة الممدصة

الادمصاص بطريقة الجريان المتعاكس

هي من أجهزة الادمصاص المستمرة

تتم هذه العملية بإمرار مادة الادمصاص بعكس تيار السائل او الغاز المراد تنقيته

أجهزة الادمصاص المستمرة

تستعمل أجهزة الادمصاص المستمرة لأجراء عمليات الادمصاص للغازات و السوائل على السواء وذلك بإمرار مسحوق مادة الادمصاص بعكس تيار السائل او الغاز بحيث يتم إدخال مادة الادمصاص من اعلى البرج و بعد الانتهاء من عملية الادمصاص يتم تنشيطها بواسطة بخار الماء او عاز خامل حار ومن ثم تجميعها بواسطة قمع مخروطي الشكل ومن ثم يتم إرسال مادة الادمصاص بواسطة اقشطه متحركة او باستعمال ضغط الهواء الى اعلى البرج الى خزان مادة الادمصاص ليعاد استعمالها مرة أخرى

تستعمل أجهزة الادمصاص المستمرة لإجراء عمليات الادمصاص للغازات و السوائل على حد السواء باتباع أسلوب التيار المتعاكس بين جريان تيار المائع مع

ملحه الادمصاص مع ملاحظة ان جهات الادمصاص المستمر يتكون من جزئين رئيسين :

الجزء الأول تجري فيه عملية الادمصاص حيث يتم إدخال مادة الادمصاص من اعلى البرج بحيث تنزل بفعل الجاذبية بينما المائع يدخل من اسفل الجزء الأول و يصعد الى اعلى باتجاه متعاكس و بعد الانتهاء من عملية الادمصاص يخرج المائع النقي نسبيا من اعلى الجزء الأول بينما مادة الادمصاص تنزل الى اسفل

وتدخل الجزء الثاني و الذي يتم فيه إعادة تنشيط مادة الادمصاص و فصل المادة المدمصة منها بواسطة استعمال بخار ماء حار او غاز خامل حار

مزايا هذه الطريقة

١-الطريقة المستمرة

٢-لا تحتاج الى أجهزة مضاعفة للتناوب في الادمصاص و التنشيط و أنما تحتاج الى أجهزة مساعدة للقيام بعملية الفصل و التنشيط

٣-تكون مادة الادمصاص عبارة عن حبيبات صغيرة توضع على صفائح مثقبة و هزازة بحيث يمكن السيطرة على سقوطها من خلال تلك الثقوب

٤-تكون الاجهزة المستعملة في هذه الطريقة عادة معقدة و دقيقة و تحتاج الى السيطرة عليها الى مهارة عالية

الاجهزة المستعملة في طريقة الادمصاص بطريقة الجريان المتعاكس

يتألف جهاز الادمصاص بهذه الطريقة عادة من ثلاثة أجزاء رئيسية :

١-خزان مادة الادمصاص

٢-برج الادمصاص المتكون من عدة طبقات

٣-برج التنشيط و الاستعادة

وهذا المقطع في برج الادمصاص لإظهار تصميم الصفائح التي تسند مادة الادمصاص و تسيطر على جريانها

مثال على هذا النوع من الادمصاص طريقة فصل الايثلين من غاز يحتوي على الهيدروجين و الميثان

تنشيط مادة الادمصاص

هي عملية استعادة فعالية مادة الادمصاص لكي يمكن استعمالها مرة أخرى

هناك طرق مختلفة لاستعادة فعالية مواد الادمصاص و هي تعتمد على طبيعة المواد الداخلة في العملية و اهم هذه الطرق هي:

١-الغازات والأبخرة :

يتم التخلص منها كالتالي :

١-بتخفيض الضغط ٢-برفع درجة الحرارة ٣-امرار بخار الماء عليها

٤-امرار هواء حار عليها ٥-امرار غاز خامل حار

٢-الزيوت يتم التخلص منها :

١-امرار بخار الماء عليها ٢- حرقها ٣-بتذويبها بمواد كيماوية مناسبة

الوحدة الرابعة : الاستخلاص

الاستخلاص : هي عملية فصل واحد او اكثر من مكونات مزيج سائل او صلب بواسطة سائل أخر يدعى بالمذيب

أنواع الاستخلاص :

١-استخلاص سائل – سائل

٢-استخلاص صلب – سائل

استخلاص سائل – سائل

هي عملية فصل سائل من محلول بفعل انتخابي لسائل أخر يحدث ان السائل المراد أزالته من المحلول يذوب بشكل تفاضلي على المكونات الأخرى في المذيب

تعتبر عملية الاستخلاص سائل – سائل مكملة لعملية التقطير في اغلب الأحيان و باستعمال الطريقتين (التقطير ،الاستخلاص) يمكن فصل معظم مكونات السائل

تعتبر عملية الاستخلاص سائل –سائل مكملة لعملية التقطير في اغلب الأحيان وباستعمال الطريقتين (التقطير و الاستخلاص) يمكن فصل كعظم مكونات السائل

هناك تشابه كبير بين عملية استخلاص سائل – سائل وبين عملية الامتصاص و الفرق الوحيد بينهما هو ان الاستخلاص عبارة عن تكوين محلول سائل في سائل بينما الامتصاص عبارة عن تكوين محلول غاز في سائل

مجالات تطبيق عملية الاستخلاص سائل – سائل

تستخدم عملية استخلاص سائل - سائل في :

١-عندما تكون مكونات المحلول غير متطايرة نسبيا بحيث يصعب فصلها بالتقطير

٢-عندما تكون مكونات المحلول ذات درجات غليان متقاربة او ثابتة بحيث يصعب فصلها بالتقطير

٣-عندما تكون مكونات المحلول حساسة لدرجات الحرارة العالية

٤-عندما تكون نسبة السائل المراد فصله في المحلول ضئيلة كما يصعب فصله بالتقطير

٥-في حالة الحاجة الى كميات كبيرة من البخار في حالة التقطير

الشروط الأساسية لإجراء عملية الاستخلاص :

١-تكوين طورين احدهما يسمى طور الامينات و هو المتبقي من عملية الاستخلاص و يحتوي على كمية قليلة من المذيب و طور الاكسترات الذي يكون غني بالمذيب و المادة الناتجة

٢-لا يمكن إجراء عملية الاستخلاص سائل – سائل في حالة امتزاج المذيب بالمحلول

٣-في بعض الأحيان يحدث تكوين الطورين في درجات حرارة منخفضة و بارتفاع الحرارة يختفي هذان الطوران بسبب امتزاج المذيب بالمحلول لذا يجب دراسة الظروف التشغيلية المناسبة لأجراء عملية الاستخلاص و تجنب الوصول الى درجة حرارة الامتزاج

٤-ضرورة وجود فرق بين كثافة المذيب و كثافة المحلول لتكوين طورين الامينات و الاكسترات

شروط اختيار المذيب المناسب

١- الانتقائية تعتبر الانتقائية من اهم مواصفات المذيب يمكن اعتبارها كمعدل لدرجة الفصل فلو كانت الانتقائية فقيرة فنحتاج الى استعمال نسبة كبيرة من المذيب الى معدل التغذية و يجب استعمال عدة مراحل للفصل مما يتطلب طاقة تشغيلية اكبر

٢-استرجاع المذيب: وذلك يعني استرجاع المذيب لغرض استعماله مرة أخرى و هذا يتطلب اختيار مذيب درجة تطايره عالية نسبيا بمعنى ان يكون ذو درجة غليان منخفضة

٣-السعة :و هذا يعني ان تكون قابلية المذيب على إذابة المادة عالية فكلما كانت الإذابة عالية كلما تم استخدام نسبة اقل من المذيب و تخفيض الكلفة التشغيلية

٤-الكثافة :يجب ان يكون هناك فرق بين كثافة المذيب و كثافة المحلول و هذا يساعد على تكوين طوري الامينات و الاكسترات كما انه يساعد على الجريان باتجاه معاكس

٥-الشد السطحي يجب اختيار مذيب ذو شد سطحي عالي و لو تطلب الأمر استعمال خلاط حيث ان الشد السطحي العالي مسببا يؤدي الى التئام قطرات السائل بصورة سريعة مما يؤدي الى سهولة فصل الطوريين لان الشد السطحي المخفف يؤدي الى الاستخلاص

أجهزة استخلاص سائل – سائل

١-جهاز الخلط و التركيز

٢-ابراج الاستخلاص

٣-برج الاستخلاص ذو المُحرك

جهاز الخلط و التركيز

يمكن استعمال هذا الجهاز بإحدى الطرق التالية :

١- الوجبات

٢- الطريقة المستمرة

طريقة الوجبات

جهاز الخلط و التركيز في طريقة الوجبات يمكن ان يكون جهاز واحد يتكون من برج الخلط بحيث يتم إدخال المذيب و التغذية اليه و خلطها مع بعضها البعض و عند نهاية العملية يتم إيقاف الخلاط ليتم تركيز السائل الموجود داخل البرج و هنا ينفصل الطوران عن بعضهما البعض الطور الاكثر ينزل الى الاسفل بينما الاكثر فيرتفع الى الاعلى و من خلال انبوب اسفل البرج يتم فتح الصمام و انزال طور الامينات اولا و بعد الانتهاء منه يتم فتح الصمام لانزال الاكسترات الى حوضه (ملاحظة الصمام يجب ان يكون زجاجي)

ملاحظة :المدة الزمنية للخلط و التركيز يتم إيجادها من خلال التجارب و الخلط أحيانا ٥ دقائق للخلط و ١٠دقائق للتركيز)

٢- الطريقة المستمرة

يجب ان يكون هناك وحدة خلط و وحدة تركيز منفصلتين عن بعضهما البعض

ملاحظة : في الطريقة المستمرة مع التيار المعاكس يكون طور الامينات الخارج من وحدة التركيز الاولى مادة تغذية الى وحدة الخلط الثانية و الذي يؤدي الى الالتقاء مع طور الاكسترات من وحدة التركيز الثالثة

ابراج الاستخلاص و أنواعها :

١-برج النثر

٢-برج التعبئة (الحشوة)

٣-برج الصفائح الغربالية

٣-برج الحواجز

برج النثر :

يتكون برج النثر من أسطوانة مثبتة بشكل عامودي تحتوي على صفيحة مثقبة في اسفل البرج بحيث يدخل المذيب من اسفل البرج من خلال هذه الصفيحة و يخرج على شكل رذاذ او قطرات صغيرة جدا و خلال صعوده ينتشر وسط سائل التغذية النازل الى الاسفل بشكل متعاكس و خلال التماس بينهما يقوم المذيب بإذابة المادة المراد استخلاصها و يخرج في النهاية من اعلى البرج بينما المتبقي من مادة التغذية فيخرج من اسفل البرج وهنا نلاحظ ان بين السائلين يحدث التبادل المادي مع العلم ان التوازن المادي لا يمكن ان يصل الى حالة التوازن وهنا يمكن القول ان كفاءة برج النثر لا ......الى كفاءة ابراج الصواني

برج الحشوة (التعبئة)

يتكون برج الحشوة من أسطوانة يثبت من أعلاها انبوب مثقبة او صفيحة مثقبة لتوزيع السائل الثقيل (التغذية) النازل بينما يدخل المذيب من اسفل البرج عبر الصفيحة المثقبة و يخرج المستخلص من اعلى البرج بينما المتبقي يخرج من اسفل البرج

بينما تملأ الأسطوانة بجسيمات الحشوة من اجل تكوين سطح واسع للتماس بين السائلين

برج الصفائح الغربالية

يتألف برج الصفائح الغربالية من أسطوانة تحتوي على صفائح مثقبة لمرور المذيب من اسفل البرج و يتصاعد بشكل متعاكس لنزول السائل الثقيل و أخيرا يخرج المستخلص من اعلى البرج بينما المتبقي من اسفل البرج

برج الحواجز

هذا البرج يشبه برج الصفائح الغربالية و لكن الفرق بينمها ان برج الحواجز يحتوي على صفائح غير مثقبة تمتد الى حوالي ثلثي مقطع البرج فينزل السائل الثقيل و يعاكس تجانس المذيب لذلك فأن برج الحواجز ابسط تصميما من برج الصفائح الغربالية

مميزات ابراج الاستخلاص

١-كبير الحجم

٢-طريقة الاستخلاص مستمرة و التيار متعاكس

٣-يجب التحكم بالتيار الصاعد و النازل لزيادة فترة التلامس

٤-لا يوجد أجزاء متحركة و لها فان التكلفة التشغيلية مناسبة

٥-عدم احتمال تكوين استحلاب في الجهاز و ذلك لعدم وجود خلط

٦-تحتاج الى مهارة عالية لحفظ التوازن بين التيارين المتعاكسين

برج الاستخلاص ذو المحرك

يتكون برج الاستخلاص ذو المحرك من برج مثبت بشكل عامودي يحتوي على محرك متصل بعامود شفط عليه صفائح مسطحة تعمل عمل الخلاط حيث ان

محلول التغذية يدخل من اعلى البرج باتجاه معاكس لدخول المذيب فتبدأ عملية الخلط في وسط البرج بحيث ان سرعة الخلط المناسبة تساعد على نشر المذيب وسط السائل الثقيل و تزيد كذلك من المساحة السطحية للتلامس بينهما فيتم عند ذلك التبادل المادي الانتقالي و بفعل القوة الطاردة المركزية و نتيجة الخلط السريع يتجه المزيج الى جدار البرج حيث ثقل السرعة و عندها تبدأ عملية التركيز على الصفائح المثبتة على جدران البرج فيتكون الطوران طور الاكسترات الأقل كثافة و طور الأمينات الاكثر كثافة و نتيجة الخلط و التركيز كون البرج يعمل بالطريقة المستمرة فأنه يتم إزاحة طور الاكسترات الى اعلى بالتدريج ليزح في نهاية المطاف من اعلى البرج بينما طور الامينات فيتجه الى الاسفل كونه اكثر كثافة ليخرجه من هناك

مزايا جهاز الاستخلاص ذو المحرك

١-صغير الحجم

٢-ذو كفاءة عالية

٣-يعمل بأسلوب التيار المتعاكس

٤-كلفته التشغيلية عالية

استخلاص صلب – سائل (الترويق)

هي عملية استخلاص واحد او اكثر من مكونات المادة الصلبة بواسطة سائل مذيب و تسمى هذه العملية فنيا بالترويق و تستعمل في الغالب في استخلاص الزيوت النباتية من البذور و في صناعة السكر و في تحضير عجينة الورق و في تنقية ملح الطعام و في تعدين بعض الفلزات المهمة مثل الزنك النيكل النحاس الذهب و غيرها

تتبع في هذه الطريقة نفس الخطوات المذكورة في عملية الاستخلاص سائل-سائل وهي : التماس المباشر بين المادتين الداخلتين و خلطهما مع بعضها البعض ثم فصل المادة المذابة عن المذيب لكن يوجد في هذا النوع من عمليات الاستخلاص عمليات تحضيرية تسبق عملية الترويق

العمليات التحضيرية التي تسبق الترويق :

١-تحطيم الأغلفة الغير نافذة :

لطالما كانت عملية الترويق تعني إذابة مكونات موجودة في المادة الصلبة في السائل المذيب فيجب اعطاء اكبر سطح ممكن من المادة الصلبة للتماس مع المذيب (بمعنى زيادة سطح التماس بين المادة القابلة للذوبان مع المذيب) فمثلا الزيت في البذور يكون محاط بغشاء سليلوزي غير قابل للذوبان في المذيب و هذا يؤدي الى عرقلة وصول المذيب الى مادة الزيت المطلوب استخلاصها لذا يجب تحطيم تلك الأغشية بطرق مناسبة مثل : تسخين البذور الزيتية بواسطة بخار الماء لكي تتفتح الحجرات و بالتالي يتمزق الغشاء السليلوزي و في بعض حالات استخلاص بغض الأدوية من النباتات يتم تجفيف البذور و السيقان و غير ذلك ليتم تسهيل تحطيم غلاف الحجرات

٢-السحق و التقطيع

في حالة الصخور المحتوية على خامات المعادن يجب سحق تلك الصخور الى صورة معتدلة و حسب الطاردة بينما في صناعة السكر يجب تقطيع ---الى شرائح رقيقة قبل عملية الترويق و ذلك من اجل تمزيق الغلاف السليلوزي للحجرات الخازنة للسكر اولا و ثانيا لاعطاء اكبر سطح ممكن من المادة الصلبة للتماس مع المذيب (ماء حار (ساخن))

٣-اعطاء فترة زمنية كافية من اجل انتشار المذيب بين جزيئات المادة الصلبة ليستطيع المذيب ان يكون في تماس جيد على جزئيات المادة المراد استخلاصها

الطرق المستخدمة في أجهزة الترويق:

هناك ثلاثة طرق رئيسية في عملية الترويق وهي :

١-طبقة الصلب الثابتة و فيها يتم طحن المذيب على طبقة ثابتة من المادة الصلبة

٢-طبقة الصلب المتحركة و فيها يتم ضخ المذيب على طبقة متحركة من المادة الصلبة (على حزام ناقل)

٣-الانتشار وفيها يتم تحريك المادة الصلبة و مزجها مع المذيب لتشكل عالقًا

أجهزة الطبقة الثابتة

أجهزة الطبقة الثابتة ومن هذه الاجهزة

١-الاستخلاص بالأحواض المفتوحة:

تستعمل هذه الاجهزة في عمليات التعدين حيث يتكون الجهاز من حوض واسع جدا مفتوح من اعلى يصل طوله في عمليات التعدين الى عشرات الأمتار و عمقه الى عدة امتار و يحتوي الحوض على قاعدة ثانوية مثقبة يمر من خلالها المذيب في البداية تنقل المادة الصلبة الى الحوض و يتم إدخال المذيب من خلال القاعدة المثقبة و تترك لفترة محسوبة من الزمن و بعدها يخرج المستخلص الى خارج الحوض لفصل المادة المذابة عن المذيب و أعادته ثانية للوجبة اللاحقة ة قد يكون حوض واحد او عدة أحواض متسلسلة تعمل بطريقة التيار المتعاكس

مزايا طريقة الأحواض المفتوحة

١-الاحواض المفتوحة تتبع طريقة الوجبات

٢-تستعمل غالبا في عمليات التعدين

٣-كلفتها مناسبة

٤-تتبع الظروف التشغيلية الطبيعية

٥-لا تستعمل عندما يكون المذيب قابل للتطاير

٢-الخزان المغلق

يستعمل الخزان المغلق حين يكون المذيب مادة متطايرة نسبيا او عندما تجري عملية الترويق في ظروف غير اعتيادية من حيث وجود ضغط غير اعتيادي او حرارة عالية

٣-اجهزة استخلاص نظام الخلايا

أجهزة الطبقة الصلبة الثابتة باستخدام نظام الخلايا تعتمد على ضخ المذيب على طبقة الصلبة الثابتة على شكل خلايا كل خلية مزودة بمسخن لتسريع عملية الاستخلاص و تكون الأنابيب خاصة لكل من المذيب و المحلول بحيث ان هذه الخلايا تكون قد تم تعبئتها بالمادة الصلبة و بعد ذلك يتم إدخال المذيب الى الخلية الاولى و من ثم خلال المسخن الأول يدخل المحلول الى الخلية الثانية و منها الى الخلية الثالثة و هكذا حتى يخرج المحلول في النهاية كناتج نهائي بعد الوصول الى التركيز المطلوب

مزايا نظام الخلايا

١-مغلقة لذا يمكن استخدامه في ظروف غير اعتيادية من حيث الضغط و درجات الحرارة

٢-يمكن استعمال مذيب متطاير نسبيا

٣-الطريقة مستمرة

٤-صغيرة الحجم

٥-التكلفة التشغيلية له مناسبة

أجهزة الطبقة الصلبة المتحركة

و في هذه الاجهزة يتم نقل الطبقة الصلبة على حزام ناقل ومنها:

أ-الحزام الناقل الحديدي (الجنزير)

ب-الناقل الحلزوني

ج-الناقل الجيبي (السلة او السطل)

جهاز بولمان للترويق

يتكون جهاز بولمان للاستخلاص صلب – سائل من برج مثبت بشكل عامودي يحتوي على عدد معين من الجيوب الناقلة سلال و التي تكون مثقبة القاعدة و محمولة على ناقل متحرك (جنزير) حيث يتم في البداية تعبئة هذه الجيوب بالمادة الصلبة في اعلى البرج من خزان المادة الصلبة و تكون حركة الجيوب مع عقارب الساعة و عند صعود الجيوب يتم رشها بالمذيب فيتغلغل المذيب

داخل جزئيات المادة الصلبة و يتم التماس بينه و بين المادة المذابة المراد استخلاصها و المحلول الناتج عن ذلك ينزل الى الاسفل عبر الثقوب حيث يتم تجميع هذا المحلول في اسفل البرج في النقطة ( ) و بحيث ان هذا المحلول غير نهائي بمعنى انه غير مكتمل التركيز و يعرف بالمنتج الوسطي و لزيادة تركيزه يتم رشه على المادة الصلبة الجديدة النازلة اله اسفل (في الجهة المقابلة لدخول المذيب) حيث انه بهذه الطريقة يتم استخلاص المادة المذابة بشكل جيد و نهائي و في نهاية المطاف يتم تجميع النهائي في اسفل البرج في المنطقة ( ) و إخراج المنتج النهائي

مزايا جهاز بولمان

١-صغيرة نسبيا

٢-ذات كفاءة عالية لانه يعمل بأسلوب التيار المتعاكس

٣-كلفته التشغيلية معتدلة

استعمالاته :

١-يستعمل في استخلاص الزيوت النباتية من البذور و ما شابه ذلك

جهاز على شكل ( ) ذو ناقل الحلزوني

يشابه مزايا جهاز بولمان

أجهزة الانتشار

اذا كانت المادة الصلبة غير مسامية او ذات مسامية ضعيفة فيفضل استخدام أجهزة الانتشار لأجراء عملية استخلاص صلب – سائل حيث أنها تحتوي على خلاط لتحريك المذيب و مزجه مع المادة الصلبة و هذه الى المذيب وسط جزئيات المادة الصلبة لتصبح في حالة معلقة وسط المذيب وبعد الانتهاء يتم إيقاف الخلاط و اعطاء فترة زمنية للتركيز

وعندما تترسب المادة المتبقية في اسفل الجهاز و أحيانا كثيرة يتم فصل المادة المتبقية من المادة الصلبة عن المستخلص بواسطة الترشيح

أجهزة الانتشار يمكن استعمالها في حالة الوجبات في حالة الوجبات او بالطريقة المستمرة

الوحدة الخامسة : التبخير

التبخير : عبارة عن تحول السائل الى بخار بواسطة عملية التبخير

الهدف من عملية التبخير لمحلول ما :

١-هي زيادة تركيز المحلول الذي يحتوي على مادة مذابة غير متطايرة و سائل متطاير بمعنى ان عملية التبخير يؤدي الى تبخير السائل (المذيب)لانتاج محلول مركز يسمى بالسائل الكثيف (الثقيل) (المتبقي)

**عملية التبخير تختلف عن التجفيف :فالمتبقي (السائل الكثيف) في التبخير هو عبارة عن سائل حتى لو كان سائل لزج بينما في التجفيف هو عبارة عن مادة صلبة فقط

**عملية التبخير تختلف عن التقطير :البخار الناتج من عملية التبخير يكون مكون واحد حتى لو كان اكثر من مكون لا يحتاج الى فصل بينما في عملية التقطير مكونات متعددة و تخضع لعملية فصل

ملاحظة : قد يكون السائل الكثيف هو المهم و المطلوب و مثال ذلك تبخير ماء البحر الميت بواسطة الملاحات الشمسية لانتاج البوتاس وقد يكون البخار هو المهم و المطلوب ومثال ذلك انتاج مياه صالحة للشرب من المياه المالحة

تستند عملية التبخير على عاملين أساسين هما :

١-انتقال المادة

٢-انتقال الحرارة

تنتقل الحرارة بثلاث طرق :

١-الاشعاع :وهي الطاقة الحرارية التي تنتقل من جسم الى أخر بدون الحاجة الى وجود وسط و بهذه الطريقة تحصل الأرض على طاقتها الحرارية من الشمس و قد امكن استغلال هذه الطريقة صناعيا في تنخير ماء البحيرات المالحة لانتاج الملح

٢-الحمل : و تعتمد هذه الطريقة من الإيصال الحراري على تيارات الغازات الساخنة بمعنى انتشار المحلول على شكل رذاذ او قطرات صغيرة وسط تيار غاز حار

٣-التوصيل :وهي تتم بملامسة سطح ساخن و ربما يكون ذلك السطح هو الجدار المبخرة نفسها او المبادلات الحرارية او الجيوب البخارية

مجموع الطاقة الحرارية التي تنتقل من جسم الى أخر ترتبط بالعلاقة التالية

$$Q = U.A.\Delta T$$

Qكمية الطاقة المنقولة

Uمعامل النقل الحراري الكلي

Aمساحة السطح الذي تنتقل منه الحرارة

ΔTالفرق في درجات الحرارة

انتقال المادة

من الضروري أبعاد البخار كشرط أساسي لاستمرار عملية التبخير لان الجو الملامس لسطح السائل اذا كان مشبعا ببخار تلك المادة نفسها فلا تحصل عملية تبخير محسوس إذ يحصل توازن عند حد الإشباع بيم ما يتبخر و ما يتكثف

ان افضل الظروف لانتقال المادة بعملية التبخير هي عند بلوغ السائل (المحلول) درجة غليانه و يصحب الغليان هذا ظهور فقاعات سواء من بخار المادة نفسها او من غازات أخرى موجودة في المحلول و ترافق هذه الظاهرة السلبيات التالية :

١-زيادة حجم المادة بمئات او حتى الأف المرات عن حجمها في حالة السيولة و هذا يكلف ضخه او أبعاده عن المحلول الأصلي طاقة كبيرة و لذلك يلجأ في الكثير من الأحيان الى إعادة تكثيف البخار لقليل حجمه

٢-ان الغازات المذابة في المحلول الأصلي و التي تنبعث عند إجراء عملية التبخر تشكل جيوبا في عملية ضخ البخار و لذلك أحيانا يفضل تسخين المحلول مبدئيا للتخلص من الغازات المذابة ومن ثم إجراء عملية التبخير له

٣-ان درجة غليان المحلول الأصلي قد تسبب في تحلل او تلف المادة المذابة لذلك يفضل في كثير من الأحيان إجراء عملية التبخير تحت ضغط الفراغ

خصائص السائل او المحلول المراد تبخيره

١- التركيز

يجب ان يكون المحلول او السائل المراد تبخيره ذو تركيز مناسب حيث انه كلما زادت كمية المادة المذابة في المحلول يزداد تركيز المحلول حتى يصل الى حد الإشباع و كلما زاد التركيز تزداد كثافة و لزوجة المحلول فالمحاليل ذات التراكيز العالية او القريبة من حد الإشباع قد ينتج عند تبخيرها بلورات المادة المذابة و هذا غير مرغوب بالإضافة الى ان درجة غليان المحاليل المركزة اعلى بكثير من السائل لو كان لوحده عند ثبوت الضغط

٢- الرغوة

في عمليات التبخير تفضل المحاليل التي لا تُظهر رغوة حيث ان ظهور الرغوة تسبب مشاكل و خاصة عند خروجها مع البخار الصاعد من حيث تداخل قطرات السائل مع البخار

٣-الحرارة

يجب ان يكون المحلول المراد تبخيره حساس لدرجات حرارة التبخير حيث انه اذا كان المحلول حساس لدرجات الحرارة قد يتسبب في تحلل او تلف المادة المذابة ولتلافي ذلك يتم إجراء عملية التبخير تحت ضغط تفريغ

٤-الترسبات و التكلسات و القشور

يفضل ان يكون المحلول من النوع الذي لا يسبب في ظهور ترسبات و تكلسات او قشور على سطوح المبخرات او سطوح المبادلات الحرارية المستخدمة في عمليات التبخير حيث ان الترسبات و القشور تسبب في انخفاض كفاءة المبخرات او أحيانا قد تعطل عمل تلك المبخرات لحين إجراء عملية تنظيف لها

٥-التآكل

يجب ان يسبب المحلول (السائل) المراد تبخيره في تآكل أجزاء المبخرات و ملحقاته

أجهزة التبخير

يمكن تصنيف أجهزة التبخير على النحو التالي :

١-المبخرات ذات النار المباشرة

٢-المبخرات ذات جيوب التسخين (المبخرات الجيبية)

٣-المبخرات الأنبوبية

المبخرات ذات النار المباشرة

عبارة عن أفران مفتوحة بحيث توقد النار تحتها بشكل مباشر ميزاتها:

١-كفاءتها منخفضة بالنسبة الى غيرها من المبخرات

٢-لا يمكن السيطرة على درجة الحرارة في مثل هذه المبخرات

٣-يمكن رفع درجة الحرارة الى حدود عالية جدا

استعمالها :

تستعمل في المحاليل التي درجة غليانها عالية مثل الصودا الكاوية المنصهرة

المبخرات ذات جيوب التسخين (المبخرات الجيبية)

وهي عبارة عن أوعية ذات جدار مضاعف او يدخل بين الجدارين بخار الماء او أي وسط أخر للتسخين يسمى مائع حراري قد يكون سائل او بخار

أنواع المبخرات الجيبية :

١-المبخرات الجيبية البسيطة

٢-المبخرات الجيبية المغلقة

٣-المبخرات الجيبية ذات الخلاط (المحرك)

المبخرات الجيبية البسيطة:

هي عبارة عن وعاء مكشوف ذي جدار مضاعف الى حد ثلثيه او نصفه تقريبا

ميزاتها:

١-بسيطة

٢-سهلة التنظيف

٣-كلفتها منخفضة نسبيا

٤-لا تحتاج الى ساحبات بخار

٥-كفاءتها منخفضة

المبخرات الجيبية المغلقة :

و هي تتكون من وعاء ذي جدار مضاعف أيضا و لكن وعاء المبخرة يكون مغلق يوجد في أعلاه فتحة لسحب البخار منه

ميزاتها :

١-ان السحب الميكانيكي يزيد من كفاءة المبخرة

٢-يمكن استعمال ضغوط مخلخلة في هذه المبخرات لذلك يمكن استعمال هذه المبخرات للسوائل او المحاليل الحساسة لدرجات الحرارة العالية التي يجب تبخيرها في درجات حرارة منخفضة لأنها تتحلل في درجات الحرارة العالية

<u>المبخرات الجيبية ذات الخلاط (المحرك)</u>

و هي لا تختلف عن سابقاتها ألا بإضافة الخلاط

ميزاتها :

١-العمل على اختزال حجم الفقاعات الكبيرة التي قد تنشأ على السطح الداخلي

٢-العمل على خلط المواد في حال استعمال المبخرة لغرض أخر كمفاعل أخر

الفقاعات الكبيرة تتكون في الغالب عند الجدران بسبب الحرارة الزائدة هناك و تسبب الفقاعات في تطاير المادة و ترك ترسبات مع الجدران نتيجة ظهور منطقة جافة حارة بسبب تطاير المادة

المميزات العامة للمبخرات الجيبية

مهما كان نوع المبخرات الجيبية فهي تشترك في صفات عامة أساسية هي :

١-ان نسبة سطح التسخين الى حجم المادة المراد تبخيرها صغيرا نسبيا و بذلك تكون صغيرة الحجم و قليلة الكفاءة

٢-تنتقل الحرارة من وجه واحد للجيب الى داخل المبخرة أما الوجه الأخر (الخارجي) للجيب فيجب تغليفه و عزله عن المحيط حتى لا تكون هناك خسارة كبيرة في الطاقة

٣-لا تستعمل ضغوط عالية في جيوب التسخين و ذلك بسبب ان الجدار المضاعف يكون عادة صغير المساحة و يكون سمكه قليلا لزيادة التوصيل الحراري الى داخل المبخرة و بذلك لا تتحمل ضغوطا عالية و غالبا ما يتراوح ضغط المائع في جيب التسخين ٣-٥ ضغط جوي

٤-المادة المراد تبخيرها لا تكون متجانسة التسخين بالرغم من إمكانية السيطرة على درجات حرارة بخار الماء او غيره المستخدم و سطا لتسخين بالإضافة الى ان الفقاعات الكبيرة المتكونة عند الجدران قد تسبب تطاير المادة او ترك ترسبات على الجدران و قد تسبب فقدان المادة بتطايرها خارج المبخرة

٥-يجب ان يكون سطح السائل المراد تبخيره حوالي نصف متر تحت حافة وعاء التبخير لكي لا يحصل تطاير للمادة (في العادة لا يملأ وعاء التبخير الى اكثر من ٥٠-٧٥% من حجمه لتجنب فقدان المحلول من الوعاء

٦-يجب ان يكون مستوى جيب التسخين اخفض من مستوى سطح السائل المراد تبخيره إذ يصل الى حوالي ثلثي ارتفاع السائل في المبخرة و ذلك احتياطا عن احتمال هبوط مستوى السائل (نتيجة التبخر) في المبخرة و ظهور مستوى الجيب اعلى من مستوى السائل داخل المبخرة مما يؤدي الى تكوين منطقة حارة جافة قد تسبب حرق او تكلس المادة الداخلية على جدران المبخرة

استعمالات المبخرات الجيبية

١-تستعمل اذا كانت هناك عملية مرافقة لها مثلا عند تفاعل مادتين او اكثر مع بعضها ثم تبخر الناتج فيصبح من المناسب استعمال نفس الوعاء (المفاعل) للتبخير أي ان العملية تكون مزدوجة الغرف و هذا ما يعكس أهمية استعمال الخلاط في المبخرات من هذا النوع

٢-مجال الاستعمال الأخر هو اذا كانت كميات المادة المراد تبخيرها قليلة

المبخرات الأنبوبية

هذا النوع من المبخرات هو الاكثر شيوعا و تتكون من وعاء يحتوي على حزمة من الأنابيب قد تكون داخل نفس الوعاء الذي يحتوي على السائل المراد تبخيره او تكون في وعاء مجاور متصل به

أنواع المبخرات الأنبوبية :

هناك أنواع متعددة من المبخرات الأنبوبية أهمها:

اولا: المبخرات ذات الأنابيب الأفقية

ثانيا: المبخرات ذات الأنابيب العامودية

--النوع القياسي

--نوع السلة

--ذات الأنابيب الطويلة

--ذات التداور بالضخ

المبخرات ذات الأنابيب الأفقية

هذا النوع من المبخرات عبارة عن وعاء اسطواني يحتوي في الثلث الاسفل منه على حزمة من الأنابيب التي يمر فيها وسط التسخين (بخار الماء و يكون السائل المراد تبخيره في جزء الوعاء المحاط بالأنابيب

مميزات المبخرات ذات الأنابيب الأفقية :

١-نلاحظ ان سطح التسخين بالنسبة الى حجم السائل كبيرا اذا ما قورنت بالمبخرات الجيبية

٢-يتم تبديل الأنابيب التي تتعرض لتآكل داخلها بسهولة

٣-اذا تكونت على أنابيبها قشرة فمن الصعب تنظيفها

٤-قد يحمل البخار بعض قطيرات السائل الى الخارج

استعمالاتها:

يستعمل هذا النوع من المبخرات في تبخير السوائل ذات اللزوجة المنخفضة و التي لا تكون طبقة صلبة او بلورات نتيجة تبخيرها

المبخرات ذات الأنابيب العامودية

النوع القياسي :

هذا النوع من المبخرات يحتوي على حزمة من الأنابيب القصيرة و المرتبة بشكل عامودي بحيث يمر السائل المراد تبخيره داخل الأنابيب بينما وسط التسخين (بخار الماء) يمر في جزء الوعاء المحاط بالأنابيب بحيث ان السائل المراد تبخيره عندما يبدأ بالغليان يتم تداوره من خلال فتحة وسطية تقع بين حزمة الأنابيب

يتراوح قطر الأنابيب ١-٤ إنش بينما طول الأنابيب يتراوح بين ٣٠انش الى ٦ قدم

مميزات النوع القياسي:

١-تترتب فيها الأنابيب على شكل صفائح

٢-تكون ذات كفاءة عالية في النقل الحراري مون مساحة السطح كبيرة

٣-يسهل ازالة القشرة التي قد تتكون على جدران أنابيبها بصورة ميكانيكية

٤-طول الأنابيب في هذا النوع من المبخرات يكون محدود المقدار ما يستطيع العامل المتوسط رفع أداة التنظيف عند صيانتها

٥-يتداور السائل المراد تبخيره خلال فتحة وسطية

٦-يوجد فراغ لامتصاص قطيرات السائل المحمول مع البخار

استعمالات النوع القياسي :

١-هذا النوع من المبخرات مناسب لفصل الملح عن المحلول

٢-هذا النوع من المبخرات مناسب لسوائل ذات اللزوجة المتوسطة

نوع السلة

هذا النوع من المبخرات يشبه الى حد كبير النوع القياسي و الفروق بينهما :

١-في ترتيب الأنابيب

٢-مكان دخول و تداور السائل المراد تبخيره

٣-وجود مظلة على شكل مخروطي تشبه السلة تقع فوق الأنابيب لصد القطرات المتطايرة مع البخار و أعادتها الى المحلول

مميزات نوع السلة :

١-تترتب فيها الأنابيب على شكل دائري

٢-يمر السائل المراد تبخيره داخل الأنابيب و يتداور من خلال فتحة دائرية حول الانابيب بينما وسط التسخين (بخار الماء) يكون خارج الانابيب

٣-يحتوي هذا النوع من المبخرات على مظلة لاعادة قطيرات المتطايرة من جراء غليان المحلول

٤-وعدا ذلك فلها نفس مميزات النوع القياسي

الاستعمالات :

تشترك مع النوع القياسي في الاستعمالات

المبخرات ذات الانابيب الطويلة

تتألف المبخرات ذات الانابيب الطويلة من حزمة من الانابيب الطويلة يتراوح طولها بين ٤-٧متر موضوعة في وعاء بشكل عامودي يدخل السائل المراد تبخيره من أسفلها من خلال الانابيب و يحيط بها بخار الماء او وسط التسخين فيصعد هذا السائل في تلك الانابيب بتسارع بفعل التسخين إذ يتحول بخار اثناء صعوده وعند خروجه من الانابيب يصطدم بمظلة لفصل قطرات السائل عن البخار و بحيث تهبط قطرات السائل في انبوب التداور الطبيعي فإما ان تسحب من اسفل الأنبوب او قد تعود الى اسفل البرج لإكمال تبخيرها أما البخار و الذي

قد يحمل معه بعض قطرات من السائل الأصلي فيتم إدخاله الى وحدة السايكلون ليتم الفصل و بالشكل النهائي لقطرات السائل عن البخار ليعاد السائل بعد الفصل و يلتقي مع السائل الأصلي

مميزات المبخرات ذات الانابيب الطويلة :

١-يمكن سحب السائل المتبقي من عملية التبخير للاستفادة منه او أعادته الى المبخرة لإكمال تبخيره و بهذا يمكن التحكم في عملية التغذية بالسائل بصورة مستمرة

٢-يتحول السائل بسرعة الى بخار خلال صعوده الى الاعلى داخل الانابيب و بسبب هذه السرعة العالية فإن السائل يتعرض لفترة قصيرة جدا الى الحرارة مما لا يؤثر في تلف مكونات السائل الحساسة للحرارة

٣-تحتاج الى سيطرة دقيقة جدا في سرعة تغذية السائل الى المبخرة

٤-تعمل مع تداور السائل بشكل طبيعي و لا تحتاج الى مضخات تداور (بواسطة تيارات الحمل الطبيعية)

استعمالات المبخرات ذات الانابيب الطويلة

يستعمل هذا النوع من المبخرات في تركيز الحوامض القوية (مثل حامض الكبريتيك)و التي تكون حاوية على بعض الأملاح و في هذه الحالة تصنع أنابيب التسخين من سبيكة خاصة و يُغلف داخل الوعاء بالمطاط الخاص لحفظه من التآكل و كذلك للسوائل ذات اللزوجة العالية

المبخرات ذات التداور بالضخ

ان هذا النوع من المبخرات تختلف عن مبخرات الانابيب الطويلة طبيعية التداور باستعمال المضخة لتداور السائل فيهاو في هذا النوع من المبخرات ربما تكون الانابيب مرتبة على شكل عامودي كما في الشكل المجاور او ان تكون الانابيب خارجية كما في الشكل الذي يليه

مميزات المبخرات ذات التداور بالضخ :

١-تكون الانابيب ضيقة (٣/٤ إنش من الداخل) و يبلغ طولها ٨ أقدام

٢-تترتب على شكل صفائح

٣-قد توضع بين الصفائح مسخنات كهربائية

٤-تكون المضخات المستعملة في التداور من نوع القوة الطاردة المركزية

٥-حجم حزمة الانابيب في هذا النوع من المبخرات اصغر مما هو عليه في المبخرات ذات التداور الطبيعي إذ ما قورنت على أساس متساوي في طاقة المبخرة

عوامل و مشاكل تشغيل المبخرات الأنبوبية

اولا : انتقال الحرارة

انتقال الحرارة يعتبر العامل الأساسي في تحرير طاقة المبخرة حيث تعرف طاقة المبخرة بانها عدد الكيلوغرامات من المادة الممكن تبخرها في وحدة الزمن لذلك من الضروري مراقبة الأمور التالية للمحافظة على انتقال الحرارة بشكل جيد و ملموس :

١-ابقاء سطح التسخين نظيفا و خاليا من الترسبات إذ ان الترسبات تكون عازلا يمنع او يقلل من انتقال الحرارة

٢-المحافظة على ضغط بخار الماء (وسط التسخين) المجهز للتسخين إذ ان بخار الماء ذو ضغط منخفض يكون قليل الطاقة فينخفض طاقة المبخرة أما اذا زاد الضغط عن الضغط المطلوب للمبخرة فيؤدي ذلك الى تطاير رذاذ السائل و المحلول و بذلك تتكون طبقة عازلة من الأملاح على سطح التسخين و نتيجة لذلك تقل أيضا طاقة المبخرة

٣-حفظ مستوى السائل في المبخرة إذ ان مستوى السائل يؤثر في سرعة السائل و كنتيجة لذلك يؤثر على سرعة التبخير

٤-ضغط التفريغ اذا كانت العملية تجري تحت ضغط التفريغ ذلك لان درجة غليان السائل او المحلول تقل كلما قل الضغط المسلط على السائل

ثانيا: تكوين البلورات

تنفصل البلورات من المحاليل عادة في وعاء خاص حيث يتم تركيز السائل الملامس لها ثم يتم إرجاع السائل الصافي الى التبخير مرة أخرى بينما البلورات يتم أزالتها و على ذلك فمن الضروري مراقبة ما يلي :

١-سرعة الجريان و درجة الحرارة داخل وعاء الفصل

٢-ازالة مزيج البلورات في الأوقات المحددة

٣-ضرورة غسل سطوح التسخين اثناء توقف العمل لإزالة البلورات الملتصقة به

ثالثا: التناثر و الرغوة

قد تتناثر قطيرات السائل و تخرج مع البخار الى المكثف او الى الخارج الى الجو نتيجة الحرارة الزائدة و هذه القطيرات :

١-هي خسارة مادية لأنها قد تمثل مادة ذات ثمن

٢-تقلل التوصيل الحراري فتقلل من كفاءة المبخرة

و لذلك يجب الحد من ظهور الرغوة الكثيفة أما من خلال تقليل او خفض عملية التبخر او أحيانا تضاف مادة زيتية او مادة مثبتة أخرى (مانع رغوة) على سطح السائل لمنع التناثر او الرغوة

رابعا: تحلل المنتوج(المنتج)

ان بعض المواد قد تكون حساسة للحرارة و لتلافي هذه الظاهرة يمكن إجراء عملية التبخير عند ضغوط التفريغ و ذلك لتقليل درجة الحرارة اللازمة لبلوغ درجة غليان السائل او المحلول

خامسا: التآكل

يجب التأكد من ان مادة صنع المبخرة لا تتفاعل مع المادة المراد تبخيرها و هناك مواد مختلفة تستعمل لطلاء جدران المبخرات لحمايتها من تلك المواد المسببة للتأكل او الصدأ

المبخر ذو التأثير المتعدد

من خلال استعمال عدد من المبخرات المتصلة مع بعضها البعض يمكن الاستفادة من بخار المادة ناتج من جراء عملية التبخير في المرحلة الثانية ليكون وسط التسخين للمرحلة الثانية و كذلك البخار الناتج عن عملية التبخير في المرحلة الثانية ليكون وسط تسخين للمرحلة الثالثة و هكذا حيث ان البخار الناتج من أية مرحلة يحتوي على طاقة حرارية كامنة مما يتيح الاستفادة من هذه الطاقة في تسخين أية مرحلة

بالإضافة الى ان المبخرات ذو التأثير المتعددة يمكن الاستفادة منها في زيادة تركيز السائل الثقيل من خلال أرسال السائل المتبقي بعد عملية التبخير في المرحلة الاولى الى المرحلة الثانية كمادة تغذية و بعد عملية التبخير في المرحلة الثانية يتم أرسال السائل المتبقي الى المرحلة الثالثة كمادة تغذية و هكذا .

من خلال المبخرات ذات التأثير المتعدد نجد ان الفرق في درجات الحرارة بين وسط التسخين و التغذية في المرحلة الاولى تكون اكبر منها في المرحلة الثانية و الفرق في درجات الحرارة في المرحلة الثانية يكون اكبر منها في المرحلة الثالثة و هكذا أيضا نجد ان الضغط في المرحلة الاولى يكون اكبر منه في المرحلة الثانية و الضغط في المرحلة الثانية يكون اكبر منه في المرحلة الثالثة و هكذا

حيث انه يتم استعمال بخار المادة الناتج من المرحلة الاولى يتم استعماله في المرحلة الثانية تحت ضغط اخفض من الاولى بحيث ان درجة الغليان تكون منخفضة بالإضافة الى ان هذه الظروف تسمح للبخار ان يتكثف في مخدع تسخين المرحلة الثانية و هكذا يمكنان يستعمل بخار المرحلة الثانية لتسخين المرحلة الثالثة تحت ضغط اخفض و بنفس الأسلوب المتبع في المرحلة الثانية العامل المحدد لهذا التعدد هو درجة غليان المحلول بالنسبة الى تكثيف البخار و اقتصاديات العملية

سعة المبخرة

سعة المبخرة تعتمد على العلاقة التالية و التي تمثل مجموع الطاقة الحرارية التي تنتقل من جسم الى أخر

$$Q = U \,.\, A \,.\, \Delta T$$

Qالطاقة الحرارية التي تنتقل من جسم الى أخر

U معامل النقل الحراري الكلي وهو يمثل مختلف المعاملات النقل الحراري و يعتد على عدة عوامل كثيرة و بذلك فهو يتفاوت من حالة الى أخرى و يستخرج هذا المعامل بطرق حسابية معقدة او تجريبية و غالبا ما تعطى مع التصميم تحت ظروف عمل مقترحة

A مساحة السطح الذي تنتقل منه خلال الحرارة

ΔT الفرق في درجات الحرارة

العوامل المؤثرة على الفرق في درجات الحرارة :

١-فرق ضغط البخار المستهلك

٢-نوع المحلول المراد تسخينه

٣-الضغط داخل المبخرة

٤-عمق الحلول

٥-سرعة حركة المحلول

اقتصادية المبخرة

تعتمد اقتصادية المبخرة على عدة عوامل من أهمها:

١-درجة حرارة التغذية

٢-انثالبي بخار الماء و غيرها

و بشكل عام اقتصادية المبخرة و كذلك سعة المبخرة يمكن إيجادها من خلال الاتزان المادي و الاتزان الحراري الانثالبي لكل من بخار الماء (وسط التسخين)و كذلك للبخار الناتج من عماية التبخير او السائل الخاضع لعملية التبخير كما هو موضح على النحو التالي

أتزان الانثالبي لوسط التسخين (بخار الماء)

اتزان الانثالبي لوسط التسخين (بخار الماء) يمكن تمثيله على النحو التالي

$$q_s = ms\ (Hs - Hc) = ms(\lambda s)$$

qsمعدل انتقال الحرارة من وسط التسخين خلال سطح التسخين

msمعدل تدفق بخار الماء (وسط التسخين)

Hsالانثالبي النوعية لبخار الماء

Hcالانثالبي النوعية للمتكثف من بخار الماء

$\boldsymbol{\lambda}s$الحرارة الكامنة في المتكثف

اتزان الانثالبي للسائل

$$q = (mf - m)Hv - mf.\ Hf + mH$$

qمعدل انتقال الحرارة من سطح التسخين الى السائل

Hvالانثالبي النوعية لبخار المادة

Hfالانثالبي النوعية للتغذية

Hالانثالبي للسائل المتبقي

و اذا افترضنا عدم وجود خسارة في الحرارة فعند ذلك يمكن القول ان الحرارة التي تنتقل من بخار الماء (وسط التسخين)الى سطح التسخين يساوي الحرارة التي تنتقل من سطح التسخين الى السائل بمعنى

$$q = m\lambda s = (mf - m)Hv\ - mfHf + mH$$

بالاعتماد على المعادلة لا يوجد خسارة في الطاقة الحرارية بحيث ان مقدار الطاقة الحرارية من بخار الى سطح التسخين تساوي مقدار الطاقة من سطح التسخين الى السائل

معادلة الاتزان المادي

F=C+V

Fالتغذية

Cالمحلول المركز

Vالبخار

ملاحظات حول المبخرات ذات المراحل المتعددة

في المبخرة الثانية يجب ان يكون الضغط اقل من الضغط في المبخرة الاولى و في المبخرة الثالثة يجب ان يكون الضغط اقل من الضغط في المبخرة الثانية و هكذا وهذا يؤدي الى ان درجة الحرارة لغليان السائل في المبخرة الثانية اقل من درجة حرارة المبخرة الاولى و الثالثة اقل من الثانية و هكذا و هذا يعود علينا بعدة فوائد وهي كالتالي:

١-زيادة التبادل الحراري في المبخرة الثانية يزيد الفرق بين درجة حرارة بخار التسخين و درجة حرارة التغذية

٢-نجعل المحلول يغلي في درجات حرارة اقل مما لو كان وحده لحفظ المواد الذائبة من التلف في اذا كانت حساسة لدرجات الحرارة العالية

ملاحظات

عند تأثير الضغط المنخفض على عملية التبخير :

١-درجة غليان المحلول تنخفض او تقل كما لو كان غليانه تحت الضغط الاعتيادي

٢-يزداد الفرق في درجات الحرارة بين بخار التسخين و المحلول (الفرق يزداد بمعنى زيادة التوصيل الحراري)

ميزات الضغط المنخفض:

١-الزيادة في التوصيل الحراري

٢-زيادة في معدل التبخير

٣-تخفيف حرارة التبخير

بعض المصطلحات المهمة في التبخير

طاقة المبخرة :عدد الكيلوغرامات من البخار الناتج من عملية التبخير في وحدة الزمن

٢-اقتصادية المبخرة :عدد الكيلوغرامات من البخار الناتج لكل كيلوغرام من متكاثف بخار التسخين

٣-سعة المبخرة: عدد الكيلو غرامات من البخار الناتج لكل كيلوغرام من محلول التغذية

مقدمة :

بعض المصطلحات الواجب معرفتها :

حالات المادة :

Solid phase

١-**الحالة الصلبة:** هي حالة من حالات المادة عندما تكون جزئيات المادة مرتبة ومنظمة و لا يحدث تغيير لحجمها و شكلها ضمن الوعاء الموجودة فيه

قوى الترابط بين جزئيات المادة الصلبة قوية جدا و تترتب جزئيات المادة الصلبة بشكل كريستالي في ٣ أبعاد

Liquid phase

٢-الحالة السائلة :حالة المادة التي تكون الجسيمات فيها حرة الحركة و تتخذ شكل الوعاء الذي توجد فيه

Gaseous phase

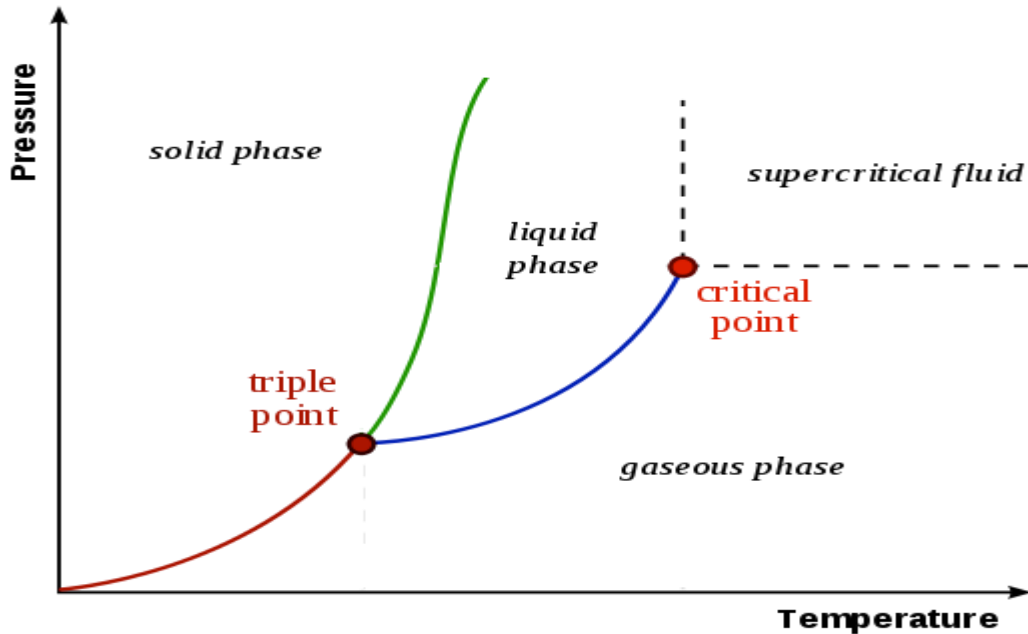
٣-الحالة الغازية :حالة المادة التي تنتشر فيها الجزئيات بدون شكل او حجم محدد و تحتل الحيز الموجودة فيه و تزداد سرعة الجزئيات بزيادة درجة الحرارة

Phase diagram of substance

مُخطط الاطوار (الحالات للمادة)

هو عبارة عن رسم بياني يمثل الحالات الفيزيائية للمادة عند ضغوط و درجات حرارة مختلفة

بحيث يمثل محور الصاد الضغط

محور السين درجة الحرارة

الضغط Pressure

و هو القوة العامودية المؤثرة في وحدة مساحة

درجة الحرارة Temperature

مقياس ل برودة و سخونة الجسم

النقطة الحرجة Critical point

هي النقطة التي تتساوى فيها خصائص السائل مع خصائص بخاره بحيث يختفي الحد الفاصل او السطح الفاصل بين الحالتين

الغاز المحمص Super heated

النقطة الثلاثية Triple point

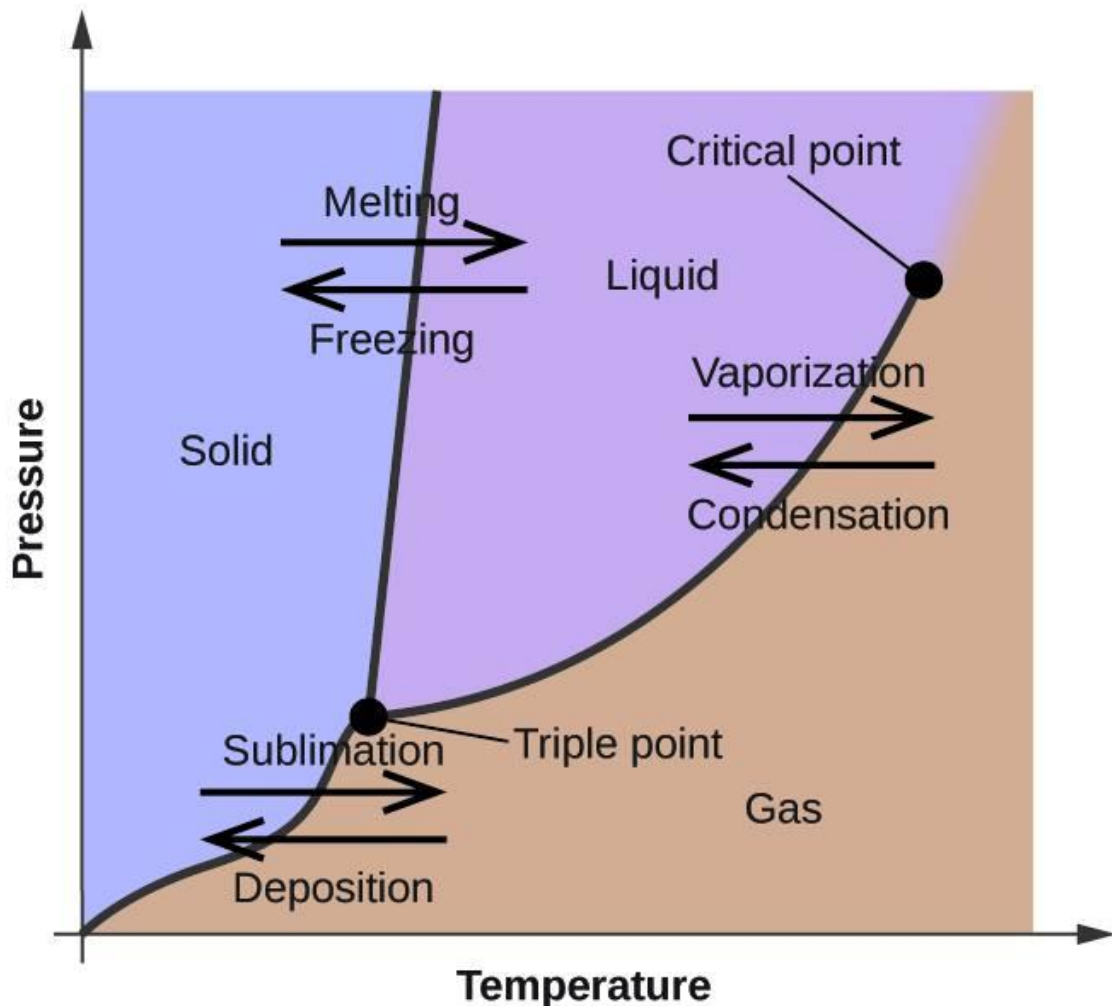
هي النقطة التي تكون عندها الحالات المادة الثلاث في وضع الاتزان

الضغط البخارى Vapor pressure

هو الضغط الناتج عن تحول بعض جزئيات السائل السطحية الى بخار ثم يعاد تكثيف بعض جزئيات البخار حتى الوصول الى حالة الاتزان

(عدد الجزئيات المتحولة من سائل الى بخار = عدد الجزئيات المتحولة من بخار الى سائل)

درجة الغليان Boiling point

هي درجة الحرارة التي يتساوى عندها الضغط الخارجي مع الضغط البخاري

يسمى الخط الفاصل بين الصلب و السائل بخط اتزان (صلب-سائل)

"الخط : عبارة عن مجموعة من النقاط كل نقطة من النقاط تمثل درجة حرارة و ضغط التي توجد فيها الحالة الصلبة و السائلة في حالة الاتزان"

معدل تحول المادة الصلبة الى السائلة =معدل تحول المادة السائلة الى صلبة

معدل الذوبان=معدل التجمد

الذوبان Melting

تحول المادة من الحالة الصلبة الى السائلة

التجمدFreezing

تحول المادة من الحالة السائلة الى الصلبة

يسمى الخط الفاصل بين الصلب و الغاز بخط اتزان (صلب-غاز)

"الخط : عبارة عن مجموعة من النقاط كل نقطة من النقاط تمثل درجة حرارة و ضغط التي توجد فيها الحالة الصلبة و الغازية في حالة الاتزان"

معدل تحول المادة الصلبة الى الغازية =معدل تحول المادة الغازية الى صلبة

معدل التسامي = معدل الترسب

التسامي Sublimation

تحول المادة من الحالة الصلبة الى الغازية

الترسيب Deposition

تحول المادة من الغازية الى الصلبة

يسمى الخط الفاصل بين الصلب و السائل بخط اتزان (سائل- غاز)

"الخط : عبارة عن مجموعة من النقاط كل نقطة من النقاط تمثل درجة حرارة و ضغط التي توجد فيها الحالة السائلة و الغازية في حالة الاتزان"

معدل تحول المادة السائلة الى الغازية =معدل تحول المادة الغازية الى السائلة

معدل التبخر=معدل التكثف

التبخرVaporization

تحول المادة من الحالة السائلة الى الغازية

التكثف Condensation

تحول المادة من الحالة الغازية الى السائلة

حسب الرسمة المادة الصلبة تكون عند ضغط عالي و درجة حرارة قليلة

و الحالة الغازية تكون عند ضغط قليل و درجة حرارة عالية

أما الحالة السائلة تكون بين الحالة (الصلبة و الغازية)